



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Dispositivos de Segurança em Infraestruturas Rodoviárias Critérios de Aplicação

CÁTIA MARIANA FREITAS GONÇALVES

Licenciada em Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil
na Área de Especialização de Vias de Comunicação e Transportes

Orientadora:

Eng.^a Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes, Prof. Adjunto ISEL, Especialista (IPL)

Júri:

Presidente: Eng.º Paulo José de Matos Martins, Prof. Adjunto ISEL, Especialista (IPL)

Vogais:

Eng.º Paulo Gil Ferreira Mota, Prof. Adjunto Convidado, Especialista (IPS)

Eng.^a Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes, Prof. Adjunto ISEL, Especialista (IPL)

Fevereiro de 2016



“Não é o trabalho, mas o saber trabalhar que é o segredo do êxito no trabalho; saber trabalhar quer dizer: não fazer um esforço inútil, persistir no esforço até ao fim, e saber reconstruir uma orientação quando se verificou que ela era, ou se tornou, errada.”

(Fernando Pessoa)



RESUMO

O crescimento da população e o seu desenvolvimento levou à expansão da rede viária e ao consequente aumento da taxa de motorização, que incitou o crescimento da sinistralidade rodoviária, um dos grandes problemas das sociedades de hoje. Desta forma, a União Europeia tem vindo a reforçar os seus esforços, em conjunto com os vários estados-membros, para contribuir de forma positiva para a redução do número de mortos nas estradas.

Durante vários anos, Portugal tem vindo a registar uma descida do número de acidentes rodoviários, mas, estatísticas recentes mostram que esta tendência inverteu o sentido e que o número de acidentes rodoviários, com vítimas, tem vindo a aumentar. Os números atuais, na rede nacional de estradas, originaram preocupações adicionais em termos de segurança rodoviária. A necessidade de implementação de medidas capazes de combater a ocorrência e a redução da gravidade dos acidentes rodoviários, em particular os despistes que são aqueles que maior número de mortos tem causado, torna-se cada vez mais premente.

Neste âmbito, a definição de critérios de aplicação dos dispositivos de segurança associados às infraestruturas rodoviárias é fundamental, nomeadamente no que se refere às guardas de segurança semi-flexíveis (que são as mais utilizadas na rede rodoviária nacional).

O presente trabalho tem por objetivo contribuir para clarificar alguns aspetos, que se encontram omissos na documentação nacional, sobre os dispositivos de segurança para infraestruturas rodoviárias e apresentar, num único documento, os critérios de aplicação para os dispositivos de retenção lateral. Pretende-se, assim, selecionar e implementar de forma adequada os dispositivos, tendo sempre em atenção o nível de contenção.

As propostas apresentadas tiveram em consideração a realidade portuguesa e resultaram da análise de documentação nacional e de outros países europeus. Esta informação foi complementada com a observação de casos práticos, de situações existentes na rede nacional de estradas, onde se registaram vários problemas, para além da falta de uniformidade na aplicação dos dispositivos.

A finalidade é, portanto, promover uma infraestrutura mais segura e capaz de reduzir a gravidade dos acidentes rodoviários.

PALAVRAS-CHAVE:

Dispositivos de retenção, infraestrutura, obstáculos, segurança rodoviária e sinistralidade rodoviária.



ABSTRACT

The population continuous growth and its development originated the expansion of the road network and increased motorization rates, which brought along more accidents, one of the major cause of concern nowadays. Efforts have been made to reinforce the reduction of casualties on roads by the European Union and its members.

Portugal, for some time, as seen a decrease in the number of road accidents but recent statistics show that this number is again rising and so does the number of casualties. Numbers related to fatalities, on national roads, raise the population concern and therefore the level of awareness toward measures that can fight against accidents rates, especially when the vehicle leaves the road accidentally and collides with obstacles, is where more fatalities occur.

In order to elucidate the dubious situations found on national documentation in terms of road safety infrastructures, this paper, demonstrates application criteria for metallic safety barriers. Here by it's intended to help the process of selection and implementation of safety barriers.

The application criteria here shown tries to match Portuguese reality and is the result of combined research of several national and European documents alongside with *in situ* observation of national roads, where several deficiencies were detected. The most common being the lack of criteria uniformity. To promote a safer infrastructure capable of reducing accidents severity was the main objective of this paper.

Therefore, the point is to promote a safer infrastructure and it's ability to reduce road accidents severity.

KEY WORDS:

Road equipment, infrastructure, obstacles, road safety, road accidents.



AGRADECIMENTOS

Esta dissertação só foi possível alcançar com muita dedicação pessoal e devido à contribuição de várias pessoas, que de forma direta ou indireta me ajudaram. A todos eles quero prestar os devidos agradecimentos.

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha família, especialmente aos meus pais e à minha avó, por todo o apoio. Sem vocês nunca tinha chegado até aqui.

À professora Luísa Cardoso Teles Fortes, pelo apoio e pela disponibilidade para me ajudar ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao João, pela paciência e pela ajuda nesta etapa da minha vida. Muito obrigada mesmo!

Ao António, pela ajuda e por todo o material que me ajudou a recolher e disponibilizou.

A todos os meus amigos, que me acompanharam nesta jornada, e em outra, e sempre me deram força para continuar.

Aos docentes do ISEL, que ao longo do meu curso contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

Por último, queria agradecer às Infraestruturas de Portugal e à Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária, pela informação gentilmente cedida e pela disponibilidade para esclarecer dúvidas.

A todos, um **MUITO OBRIGADA!**



ÍNDICE DE TEXTO

	Página
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Motivação do tema e objetivo do trabalho	3
1.3. Metodologia.....	4
1.4. Estrutura	6
2. Âmbito e enquadramento geral do estudo	7
2.1. Sinistralidade rodoviária.....	7
2.2. Área adjacente à faixa de rodagem (AAFR)	14
2.3. Dispositivos de retenção.....	15
2.4. Normalização existente	17
2.5. Resumo.....	19
3. Métodos de ensaio	21
3.1. Condições de ensaio e índices de cálculo da gravidade	22
3.2. Ensaios em guardas de segurança semi-flexíveis.....	23
3.3. Ensaios em terminais e transições de guardas de segurança semi-flexíveis.....	26
3.4. Laboratórios e simulação de ensaios computacionais	28
3.5. Ensaio do solo	29
3.6. Resumo.....	31
4. Caracterização geral dos dispositivos de segurança	33
4.1. Guardas de segurança semi-flexíveis	35
4.2. Objetos existentes na AAFR	43
4.3. Problemas identificados na aplicação das guardas de segurança	46
4.4. Resumo.....	52
5. Critérios de aplicação de dispositivos de retenção lateral	55
5.1. Seleção do tipo de guarda de segurança	56
5.1.1. Necessidade de instalação	56
5.1.2. Nível de contenção	60
5.2. Aplicação de guardas de segurança.....	63
5.2.1. Prumos.....	64
5.2.2. Amortecedores.....	65
5.2.3. Vigas.....	66



5.3.	Dimensionamento do comprimento do dispositivo	67
5.3.1.	Cálculo do comprimento da guarda de segurança	70
5.3.2.	Taxa de afastamento	72
5.4.	Separador central	74
5.5.	Critérios de aplicação propostos	75
5.5.1.	Comprimento da guarda de segurança	76
5.5.2.	Altura mínima da viga	77
5.5.3.	Largura útil	78
5.5.4.	Afastamento entre prumos	80
5.5.5.	Transições entre guardas de segurança	81
5.5.6.	Terminais das guardas de segurança	88
5.5.7.	Nível de contenção desadequado	92
5.5.8.	Boleamento dos taludes e biselamento dos passeios	92
5.6.	Proposta de escolha do dispositivo de retenção lateral	94
5.7.	Resumo	96
6.	Conclusões	97
6.1.	Resumo geral do trabalho	97
6.2.	Ideias principais	98
6.3.	Perspetivas de desenvolvimento futuro	101

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A – Esquemas de montagem de guardas de segurança

ANEXO B – EN 1317 (informação suplementar)

ANEXO C – Dados da sinistralidade rodoviária

ANEXO D – Exemplos de catálogos de fabricantes portugueses

ANEXO E – Exemplo de declaração de desempenho de dispositivo



ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 – Evolução da sinistralidade rodoviária na UE desde 2010.....	1
Figura 1.2 – Largura útil insuficiente junto a pilar de uma PS.....	4
Figura 2.1 – Taxa de mortalidade por estado-membro para 2010 e 2014.....	8
Figura 2.2 – Evolução das vítimas mortais em Portugal.....	9
Figura 2.3 – Intervenientes nos acidentes rodoviários.....	10
Figura 2.4 – Vítimas mortais de acordo com a natureza do acidente entre 2010 e 2014.....	11
Figura 2.5 – Colisão com coluna de iluminação desprotegida.....	12
Figura 2.6 – Exemplo de AAFR.....	14
Figura 2.7 – Exemplos de obstáculos perigosos desprotegidos na AAFR.....	15
Figura 2.8 – Tipos de sistemas de retenção rodoviários de acordo com o CEN.....	15
Figura 2.9 – Tipos de guardas de segurança: (a) flexível; (b) semi-flexível; (c) rígida.....	16
Figura 2.10 – Tipos de terminais: (a) enterrado; (b) cauda de carpa.....	16
Figura 3.1 – Ensaio de guarda de segurança semi-flexível.....	21
Figura 3.2 – Representação da deflexão dinâmica (D) e da largura útil (W).....	25
Figura 3.3 - Zonas de deslocamento lateral permanente do terminal.....	27
Figura 3.4 – Simulação de ensaio 3D.....	29
Figura 3.5 – Representação esquemática do ensaio ao solo.....	30
Figura 4.1 – Distribuição das concessões da RRN.....	33
Figura 4.2 – Rede Rodoviária Nacional.....	34
Figura 4.3 – Deformação da guarda de segurança durante uma colisão.....	35
Figura 4.4 – Elementos de uma guarda semi-flexível.....	35
Figura 4.5 – Perfil W e perfil U das vigas.....	36
Figura 4.6 – Tipos de amortecedores.....	36
Figura 4.7 – Ligação da barreira ao tabuleiro da obra-de-arte.....	37
Figura 4.8 – Guarda de segurança amovível (passagem de emergência).....	37
Figura 4.9 – Trajetória de um veículo de ensaio.....	38
Figura 4.10 – Análise de mercado de sistemas de retenção.....	39
Figura 4.11 – Guarda de segurança dupla com perfil U em obra-de-arte.....	41
Figura 4.12 – Guarda de segurança tipo BHO.....	41
Figura 4.13 – Guarda de segurança mista.....	42
Figura 4.14 - Exemplo de posto S.O.S. localizado no limite da berma direita.....	45
Figura 4.15 – Dispositivo com comprimento insuficiente para proteção do obstáculo.....	46
Figura 4.16 – Altura insuficiente entre a viga e solo.....	47



Figura 4.17	– Proteção de obstáculos com largura útil insuficiente.....	47
Figura 4.18	– Falta de critério no afastamento entre prumos perante talude íngreme	48
Figura 4.19	– Transições irregulares entre guardas de segurança diferentes	48
Figura 4.20	– Falta de critério nas transições entre guardas semi-flexíveis e rígidas	49
Figura 4.21	– Ligação inexistente entre o dispositivo e o muro de contenção.....	49
Figura 4.22	– Descontinuidade do tipo de guarda de segurança	49
Figura 4.23	– Interrupção desnecessária de guarda de segurança	50
Figura 4.24	– Desajuste do nível de contenção face ao perigo em viaduto.....	50
Figura 4.25	– Diferentes critérios na utilização de guardas em obras-de-arte	51
Figura 4.26	– Falta de uniformidade na proteção de obstáculos	51
Figura 4.27	– Obstáculos não protegidos na AAFR.....	52
Figura 4.28	– Perigo de invasão da AAFR por detrás da guarda de segurança.....	52
Figura 5.1	– Ábaco para determinação do uso de guardas de segurança	58
Figura 5.2	– Distância crítica: limite de velocidade entre os 60 e 70 km/h	59
Figura 5.3	– Distância crítica: limite de velocidade entre os 80 e 100 km/h	59
Figura 5.4	– Distância crítica: limite de velocidade superior a 100 km/h	60
Figura 5.5	– Fluxograma 1: escolha do dispositivo para a berma direita.....	61
Figura 5.6	– Fluxograma 2: escolha do dispositivo para a berma esquerda.....	62
Figura 5.7	– Fluxograma 3: escolha do dispositivo para obras-de-arte (berma direita).....	62
Figura 5.8	– Fluxograma 4: escolha do dispositivo para obras-de-arte (berma esquerda).....	63
Figura 5.9	– Prumo para fixação em obras-de-arte	65
Figura 5.10	– Reforço para obstáculos presentes na zona de largura útil	65
Figura 5.11	– Sobreposição de duas vigas ómega.....	66
Figura 5.12	– Exemplo de proteção e remoção de obstáculos	67
Figura 5.13	– Comprimento do obstáculo e dimensões do dispositivo	69
Figura 5.14	– Soluções de projeto de terminais	70
Figura 5.15	– Comprimento necessário a montante do obstáculo perigoso	71
Figura 5.16	– Terminal de guarda de segurança com afastamento	72
Figura 5.17	– Separador central com recurso a guarda de segurança semi-flexíveis.....	74
Figura 5.18	– Obstáculo no separador central	74
Figura 5.19	– Obstáculo mal protegido no separador central.....	75
Figura 5.20	– Proteção de vários obstáculos com o mesmo dispositivo de retenção	77
Figura 5.21	– Guarda de segurança simples.....	78
Figura 5.22	– Alongadores para prumos	78
Figura 5.23	– Pilar de PS protegido por <i>New Jersey</i>	79
Figura 5.24	– Distâncias recomendáveis entre a barreira e obstáculos lineares.....	80



Figura 5.25	– Aproximação a obra-de-arte com prumos afastados de 2,0 metros	81
Figura 5.26	– Exemplo de redução da distância entre prumos junto a obstáculo.....	81
Figura 5.27	– Exemplo de aproximação a uma obra-de-arte.....	82
Figura 5.28	– Valor do desvio entre guardas de segurança.....	83
Figura 5.29	– Perfis transversais tipo para passeios em obras-de-arte	83
Figura 5.30	– Exemplo de dispositivo para controlo da dilatação em obras-de-arte.....	84
Figura 5.31	– Transições mal efetuadas entre diferentes tipos de dispositivos.....	84
Figura 5.32	– Ligação entre barreira e guarda corpos: tráfego reduzido.....	85
Figura 5.33	– Exemplo de transição entre a guarda simples e o guarda corpos.....	85
Figura 5.34	– Ligação entre dispositivo e guarda corpos: tráfego elevado	86
Figura 5.35	– Disposições de transição para uma guarda tipo BN4.....	87
Figura 5.36	– Ligação BN4: (a) guarda simples; (b) muro de contenção	87
Figura 5.37	- Tipos de amarração: (a) cota constante; (b) cota variável	88
Figura 5.38	– Viga amarrada ao solo a cota variável	89
Figura 5.39	– Viga amarrada ao solo a cota constante	89
Figura 5.40	– Exemplo de aplicação de terminais num acesso à autoestrada (sentido único)	90
Figura 5.41	– Divergência com guardas de segurança e terminais	91
Figura 5.42	– Ligação entre guarda de segurança simples e <i>New Jersey</i>	92
Figura 5.43	– Perfil transversal tipo com boleamento do talude.....	93
Figura 5.44	– Biselamento do passeio a montante da obra-de-arte	93
Figura 5.45	– Inexistência de biselamento no passeio do início da obra-de-arte	93



ÍNDICE DE QUADROS

	Página
Quadro 1.1 – Acidentes com vítimas no primeiro semestre de 2013,2014 e 2015	2
Quadro 2.1 – Despistes entre 2010 e 2014 (com e sem dispositivo de retenção)	12
Quadro 2.2 – Total de acidentes com vítimas por tipo de despiste e segundo o tipo de via	13
Quadro 3.1 – Parâmetros de ensaio da guarda de segurança	24
Quadro 3.2 – Níveis de gravidade de colisão.....	25
Quadro 3.3 – Níveis de largura útil.....	26
Quadro 3.4 – Classes de severidade do embate do veículo para terminais	27
Quadro 3.5 – Zonas de deslocação lateral permanente para terminais	28
Quadro 4.1 – Distâncias para o critério de caixa de saída.....	38
Quadro 4.2 – Exemplos de guardas de segurança semi-flexíveis fabricadas em Portugal	40
Quadro 4.3 – Ativos relativos a guardas de segurança na rede do IP	42
Quadro 4.4 – Largura da zona livre de obstáculos.....	43
Quadro 5.1 – Comprimento necessário mínimo	68
Quadro 5.2 – Gravidade do embate.....	72
Quadro 5.3 – Taxas de afastamento recomendadas	73
Quadro 5.4 – Níveis de contenção das transições entre dois dispositivos	82
Quadro 5.5 – Valores para desvio e comprimento da viga enterrada (cota constante)	90
Quadro 5.6 – Classes de desempenho para terminais	91
Quadro 5.7 – Nível de contenção para obstáculos pontuais.....	94
Quadro 5.8 – Nível de contenção para obstáculos lineares.....	95



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAFR – Área Adjacente à Faixa de Rodagem

AE – Autoestrada

ANSR – Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária

ASI – *Acceleration Severity Index* (Índice de Severidade de Aceleração)

AV – Área Vulnerável

BEAV – Boletim Estatístico de Acidentes de Viação

CEN – Comité Europeu de Normalização

DPM – Dispositivo de Proteção para Motociclistas

EN 1317 – Norma Europeia 1317

ENSR – Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária 2008 – 2015

EP, I.P. - Estradas de Portugal, I.P.

EUA – Estados Unidos da América

IP, I.P. – Infraestruturas de Portugal, I.P.

IMT, I.P. – Instituto da Mobilidade e dos Transportes, I.P.

InIR, I.P. – Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, I.P.

ISO – *International Organization for Standardization*

JAE – Junta Autónoma de Estradas

LNEC, I.P. – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P.

NF – Norma Francesa

NP – Norma Portuguesa

OMS – Organização Mundial da Saúde

OP – Obstáculos Pontuais

PHD – *Post Impact Head Deceleration* (Desaceleração da Cabeça Pós-impacto)

PI – Passagem Inferior

PIB – Produto Interno Bruto



PPP – Parceria Público-privada

PRN – Plano Rodoviário Nacional

PS – Passagem Superior

PSP – Polícia de Segurança Pública

RNA – Rede Nacional de Autoestradas

RRN – Rede Rodoviária Nacional

SETRA – *Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes*

SRR – Sistemas de Retenção Rodoviários

THIV – *Theoretical Head Impact Velocity* (Velocidade de Impacto da Cabeça Teórica)

UE – União Europeia

VCDI – *Vehicle Cockpit Deformation Index* (Índice de Deformação da Cabina do Veículo)



1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A segurança rodoviária é um tema que tem vindo a ser abordado, um pouco por todo Mundo, levando a que atualmente haja um grande esforço, para que se implementem medidas de redução da sinistralidade rodoviária. Na Europa, elaborou-se um plano estratégico intitulado de “Rumo a um espaço europeu de segurança rodoviária: orientações para a política de segurança rodoviária de 2011 a 2020” [1], que visa promover, em todos os estados-membros, políticas rigorosas de segurança rodoviária com base na subsidiariedade, proporcionalidade e responsabilidade partilhada. A Carta Europeia da Segurança Rodoviária [2] é um exemplo da partilha de responsabilidade e da afirmação de compromissos, que conta com mais de 2.300 entidades públicas e privadas inscritas na plataforma *online*, onde se comprometem com os princípios desta carta, e que por sua vez vai ao encontro do plano estratégico Europeu.

O plano Europeu tem como principal objetivo a redução da sinistralidade rodoviária, até 2020, para metade dos valores verificados no ano de 2010 (em vítimas mortais nas estradas). Segundo o relatório anual da Comissão Europeia sobre segurança rodoviária [3] para o ano de 2014, foram registadas 25.700 vítimas mortais consequentes de acidentes rodoviários, resultando numa média de 51 mortos por milhão de habitantes. Embora este valor corresponda à média mais baixa registada na UE nos últimos anos está acima do ambicionado, como se pode observar no gráfico da Figura 1.1.

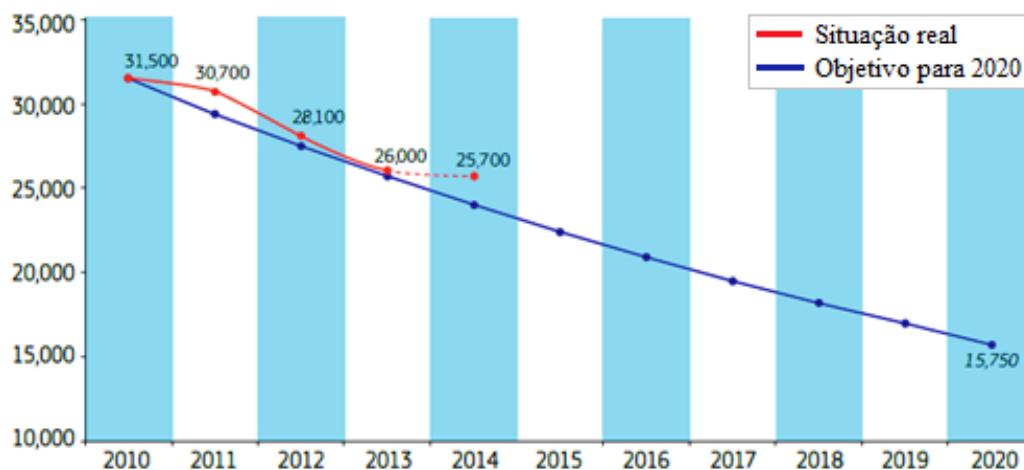


Figura 1.1 – Evolução da sinistralidade rodoviária na UE desde 2010, UE [3]

Efetuada um balanço, entre 2010 e 2014, a taxa de redução é de apenas 18%, o que representa uma diminuição de 5.700 vítimas mortais. Como praticamente metade do período de estudo já passou, é necessário que exista nos próximos anos, uma redução de cerca de 8% ao ano, para serem atingidos os



objetivos traçados para 2020. Este valor de 8% para a redução anual de vítimas mortais é muito ambicioso, quando comparado com o valor registado de 1% entre 2013 e 2014.

Portugal ainda se encontra acima da média Europeia com 59 mortos por milhão de habitantes. Estes resultados representam uma preocupação para a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), o organismo responsável por monitorizar e desenvolver soluções necessárias para redução da sinistralidade rodoviária em Portugal. Neste âmbito, o plano estratégico denominado de Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária 2008-2015 (ENSR) [4] que estabelece as ações necessárias de combate à sinistralidade, de modo a colocar um ponto final, naquele que é um problema grave, com consequências muito negativas a nível socioeconómico para o país.

Este combate à sinistralidade rodoviária tem sido bem-sucedido em Portugal, dado ao grande esforço de todas as entidades envolvidas, e não menosprezando o facto de ter havido, nos últimos anos, uma redução do número de veículos que circulam na Rede Rodoviária Nacional (RRN), que contribuiu também para este objetivo. A redução do número de vítimas nos acidentes rodoviários é um aspeto positivo, mas deve-se continuar a persistir na aplicação de medidas de intervenção para reduzir a gravidade dos acidentes, contribuindo para uma redução ainda maior da sinistralidade. Segundo a ANSR, os dados relativos ao primeiro semestre, do ano de 2015, demonstram um aumento do número de acidentes com vítimas, em relação a igual período do ano anterior (ver Quadro 1.1). Isto gera alguma preocupação, pois a sinistralidade rodoviária está a inverter o sentido, contrariando as expectativas de redução da UE.

Quadro 1.1 – Acidentes com vítimas no primeiro semestre de 2013,2014 e 2015, ANSR [5]

Ano	2013	2014	2015
Acidentes			
Total de acidentes	61.873	62.255	65.247
Vítimas mortais	267	233	259
Feridos graves	991	1.082	1.152
Feridos leves	19.087	19.072	19.279

De acordo com a ANSR os acidentes são classificados em três tipos diferentes, consoante a sua natureza seja de atropelamento, colisão ou despiste. Em Portugal, a generalidade dos acidentes referem-se a colisões e a despistes (ANSR, 2014) [6], que acontecem devido a veículos descontrolados que embatem com outras viaturas, peões, objetos na via ou obstáculos exteriores à faixa de rodagem. Em consequência deste tipo de acidentes, têm sido realizados inúmeros estudos relativos à Área Adjacente à Faixa de Rodagem (AAFR), por forma a se minorar o número de veículos descontrolados que embatem em obstáculos que se encontram implementados naquela área.



A solução genérica passa pela utilização de dispositivos de segurança rodoviária, aplicados ao longo do limite das bermas das estradas, para se evitar a colisão entre veículos descontrolados e os obstáculos presentes na AAFR. Existem situações em que a implementação destes dispositivos não é realizada de forma adequada, conferindo-se em muitas dessas situações a falta de coerência na aplicabilidade do dispositivo de retenção. É comum verificar-se, no mesmo troço de estrada, a proteção de obstáculos da mesma natureza com dispositivos de segurança aplicados de formas diferentes. O que vem reforçar a existência de uma falta de critério na colocação de dispositivos de segurança, com a consequente influência negativa a nível da segurança rodoviária.

1.2. MOTIVAÇÃO DO TEMA E OBJETIVO DO TRABALHO

A ocorrência de despistes e colisões entre veículos e obstáculos exteriores à faixa de rodagem leva a que haja uma crescente preocupação com a proteção da AAFR. A caracterização dos vários obstáculos que podem ser encontrados nesta área, e que apresentam perigo para os veículos descontrolados, é uma questão abordada no presente trabalho. É com base na caracterização destes obstáculos, que posteriormente são sugeridos alguns dos critérios de aplicação dos dispositivos de segurança.

O tema relativo à aplicação de dispositivos de segurança em infraestruturas rodoviárias tem vindo a ser abordado ao longo dos anos, em vários países europeus. Durante anos, as normas francesas serviram de base técnica para os projetistas, muitas vezes por indicação dos próprios documentos contratuais, que remetiam para a utilização dessas mesmas normas, sempre que as normas nacionais apresentavam situações ambíguas ou omissões. O grande desafio deste trabalho passa pela proposta de critérios de aplicação, que sirvam de referência aos projetistas, de modo a que não seja necessário consultar infindas normas e catálogos de fabricantes, sempre que se pretenda dimensionar e aplicar uma guarda de segurança.

A falta de um documento que contemple os diversos critérios de aplicação passíveis de serem utilizados, associada à existência de omissões nas normas, promove a já referida falta de uniformidade na colocação das guardas de segurança semi-flexíveis. Facilmente se pode verificar que, ao longo de um troço de estrada e em situações muito semelhantes, a aplicação da guarda de segurança difere. Esta falta de critério na aplicação dos dispositivos pode levar à questão sobre qual das situações será a mais adequada.

A proteção dos pilares de uma Passagem Superior (PS) pode ser dada como um exemplo de falta de uniformidade na aplicação destes dispositivos, pois podem encontrar-se vários tipos de proteção. Por vezes, a guarda de segurança é colocada junto ao pilar da PS, não existindo espaço entre a guarda e o pilar, para esta se deformar em caso de embate, como se pode observar no exemplo apresentado na Figura 1.2.



Figura 1.2 – Largura útil insuficiente junto a pilar de uma PS

O objetivo deste trabalho é realizar uma esquematização, que evidencie os critérios que devem ser cumpridos, na aplicação dos dispositivos de segurança rodoviária, nomeadamente as guardas de segurança semi-flexíveis. Para a descrição desses critérios, é necessário, numa primeira fase, a caracterização dos obstáculos existentes na AAFR, por forma a serem classificados de acordo com o perigo que representam para os veículos descontrolados.

É muito importante esta classificação dos obstáculos, associada ao tipo de perigo que representam, pois é com base na mesma que é escolhido o tipo de dispositivo a ser utilizado em cada situação. Cada guarda de segurança tem um nível de contenção diferente e deve ser escolhida de acordo com o nível de segurança que se pretende garantir numa determinada situação (ao longo de um troço ou de forma pontual). A escolha do tipo de dispositivo de retenção depende de um conjunto de fatores, que devem ser analisadas prudentemente, tentando sempre mitigar a gravidade de eventuais acidentes.

Deste modo, o presente trabalho visa em parte complementar o documento base “*Sistemas de Retenção Rodoviários – Manual de Aplicação*” do Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, IP (InIR) [7], atualmente incorporado no atual Instituto da Mobilidade e dos Transportes, IP (IMT), facilitando a escolha do sistema de retenção adequado a cada situação. Salientando os critérios de aplicação que devem ser adotados, para cada caso em específico, não deixando espaço para situações ambíguas que possam colocar em causa o correto funcionamento da guarda de segurança.

1.3. METODOLOGIA

A elaboração do presente trabalho está assente em quatro fases principais, realizadas de forma sequencial, que se complementam em diferentes tipos de abordagem associados ao tema. Inicialmente é apresentada uma avaliação do estado da arte, onde foi utilizado como recurso a normalização portuguesa, a normalização francesa e a estudos realizados nos últimos anos a nível europeu.



Após realizada esta análise, procedeu-se a uma pesquisa complementar com o intuito de estabelecer uma ligação entre a regulação existente, a indústria e o projeto. Após a exposição dos diversos critérios de escolha e aplicação das guardas de segurança, apresenta-se um conjunto de situações não conformes observadas nas estradas da rede nacional. Por fim, com base nas situações observadas e nos documentos analisados, foram propostos critérios de aplicação para os dispositivos de retenção lateral.

De modo a atingir o objetivo proposto no presente trabalho, a metodologia adotada compreendeu várias etapas, que se discriminam seguidamente:

- i. Pesquisa de conceitos base e de bibliografia existente relativa a segurança rodoviária e aos dispositivos de segurança;
- ii. Análise da Norma Europeia EN 1317 ([8], [9], [10] e [11]), nomeadamente os seguintes aspetos:
 - Métodos de ensaio para guardas de segurança semi-flexíveis e respetivos terminais e transições;
 - Índices de cálculo da gravidade.
- iii. Análise de documentação e normas portuguesas:
 - “Norma de Traçado de 1994”, Junta Autónoma de Estradas [12];
 - “Sistemas de Retenção Rodoviários – Manual de Aplicação”, InIR [7];
 - “Área Adjacente à Faixa de Rodagem – Aspetos de Segurança”, InIR [13];
 - Caderno de Encargos Tipo Obra, das Estradas de Portugal [14], [15] e [16].
- iv. Análise das normas francesas:
 - “Barrières de Sécurité pour la Retenue des Véhicules Légers, Barrières de Niveau N en Accotement, Aménagement em TPC”, SETRA, 2001 [17];
 - “Barrières de Sécurité pour la Retenue des Poids Lourds, Barrières de Niveau H2 ou H3”, SETRA, 1999 [18];
 - “Dispositifs de Retenue des Véhicules, Conditions d’Agrément et d’Emploi – Fascicule 2 – Dispositifs Latéraux Métalliques”, SETRA, 1988 [19].
- v. Recolha e análise de documentos técnicos, relativos à segurança rodoviária e à implementação de dispositivos de retenção;
- vi. Recolha e análise de catálogos dos fabricantes portugueses de guardas de segurança;
- vii. Observação direta de várias situações implementadas em estradas da rede rodoviária nacional, que não se encontram de acordo com os critérios de aplicação, em estradas portuguesas e registo fotográfico das mesmas;
- viii. Proposta de critérios de aplicação:
 - Comparação das situações reais identificadas com os critérios normativos estabelecidos nas normas consultadas;



- Propostas de critérios de aplicação para as situações referidas no ponto anterior;
- ix. Conclusões e propostas de melhoria para um futuro próximo.

1.4. ESTRUTURA

Com o intuito de responder à questão, de como devem ser aplicadas as guardas de segurança semi-flexíveis, a presente dissertação está dividida em seis capítulos, sendo este o primeiro, onde é efetuado um enquadramento do tema, a motivação da sua escolha e os objetivos propostos, assim como a caracterização da metodologia utilizada para o seu desenvolvimento.

O segundo capítulo descreve o âmbito e o enquadramento geral do estudo e tem o intuito de apresentar os principais conceitos abordados ao longo do documento, tais como a sinistralidade, a AAFR e os dispositivos de segurança atualmente utilizados. Por fim, é efetuado um levantamento dos documentos que foram alvo de análise, para a caracterização do estado da arte dos dispositivos de segurança rodoviários.

O capítulo três é intitulado “Métodos de ensaio” e descreve os diversos métodos de ensaio para as guardas de segurança, incluindo os seus respetivos terminais e transições, de acordo com a Norma Europeia EN 1317. É abordada ainda, a temática dos ensaios ao solo e das simulações computacionais de dispositivos de segurança, comparando-as com os ensaios de impacto real.

No quarto capítulo, “Caraterização geral dos dispositivos de segurança”, é efetuada uma descrição dos vários tipos de guardas de segurança mais utilizados em Portugal e é ainda realizada uma caracterização dos obstáculos que podem ser encontrados na AAFR e que apresentam perigo para os ocupantes dos veículos descontrolados. Por fim, são evidenciadas situações identificadas, em vários locais das estradas portuguesas, que demonstram a falta de critério na aplicação dos dispositivos de segurança e os problemas existentes.

O capítulo cinco, “Critérios de aplicação de dispositivos de retenção lateral”, é dedicado, como o próprio título indica, aos critérios de aplicação das guardas de segurança semi-flexíveis. Neste capítulo, pretende-se relacionar o tipo de obstáculos existentes na AAFR, com o tipo de guarda de segurança mais adequado a cada situação. Refere-se, ainda, que de acordo com os exemplos recolhidos, durante a fase de observação, define-se para cada situação específica, os critérios de aplicação passíveis de serem adotados (espaçamento entre prumos, largura útil, comprimento, etc.).

Finalmente, no capítulo seis, são apresentadas as conclusões resultantes da análise dos capítulos anteriores, onde também são propostas algumas medidas que poderão, posteriormente, ser implementadas sempre em prol da redução da sinistralidade rodoviária.



2. ÂMBITO E ENQUADRAMENTO GERAL DO ESTUDO

A sinistralidade rodoviária é um grande problema dos tempos modernos, que tem sido alvo de diversos estudos, com o objetivo de se tentar reduzir o número de mortos e feridos nos acidentes rodoviários. Portugal, em conjunto com a UE, tem vindo a realizar vários esforços para contribuir de forma positiva para a redução da sinistralidade. Mas recentemente, em Portugal, os dados referentes à sinistralidade rodoviária têm vindo a inverter o sentido, registando-se um aumento do número de acidentes e de vítimas. A nível europeu, entre o ano de 2013 e 2014, também se registou um abrandamento na taxa de redução da sinistralidade rodoviária.

O condutor desempenha um papel fundamental na sinistralidade, isto porque, a principal causa dos acidentes é o erro humano. De acordo com a ANSR estes acidentes podem ser classificados em função com a sua natureza, como atropelamentos, colisões ou despistes. Para o presente estudo os acidentes com maior relevância, e que foram estudados de forma mais aprofundada, são os despistes. Estes podem, por vezes, gerar colisões com obstáculos exteriores à faixa de rodagem e é neste âmbito, que também se explora o conceito de AAFR, para se poder classificar, posteriormente, os obstáculos existentes nesta zona.

Sempre que exista um obstáculo na AAFR, que indique perigo para os veículos, é necessário proceder de modo a remover ou neutralizar o obstáculo em questão, e caso isso não seja passível de se realizar, deve proceder-se à sua proteção com recurso a dispositivos de segurança. Para o fabrico e avaliação do comportamento destes dispositivos de segurança, existem várias normas e documentos técnicos que visam garantir a sua qualidade e a sua eficácia. No que se refere aos critérios de aplicação também existem documentos que estabelecem alguns parâmetros para garantir um bom nível de eficácia do dispositivo de retenção, levando à redução da gravidade do acidente.

2.1. SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA

O crescimento da população e o seu desenvolvimento socioeconómico levou ao aumento da necessidade de mobilidade nas deslocações diárias, o que teve como consequência o aumento da taxa de motorização e da rede rodoviária. O aumento do número de vias de comunicação e a beneficiação das que já existiam permitiu, que existisse, não só, o aumento do número de veículos em circulação, bem como a prática de velocidades mais elevadas. Tudo isto incitou ao aumento da sinistralidade rodoviária, que tem vindo a ser uma preocupação permanente, devido ao número de vítimas mortais que esta provoca anualmente. Este assunto tem sido alvo de discussão em todo o mundo, levando a que a UE, tenha instituído metas para a redução da sinistralidade rodoviária nos estados-membros.



O plano de segurança rodoviária 2011 – 2020 da UE [1] estabelece sete objetivos estratégicos, a seguir descritos:

- Melhorar a educação e formação dos utentes da estrada;
- Intensificar o controlo do cumprimento do código de estrada;
- Uma infraestrutura rodoviária mais segura;
- Veículos mais seguros;
- Promover a utilização de tecnologias modernas para reforçar a segurança rodoviária;
- Melhorar os serviços de emergência e a pós-assistência aos feridos;
- Proteção dos utentes vulneráveis da via pública.

Estes objetivos visam, até 2020, reduzir o número de mortes, nas estradas da UE, para metade das registadas no ano de 2010, ou seja passar de 31.500 vítimas mortais, para um máximo de 15.750 vítimas. Segundo o mesmo plano da UE [1], *o utente é o primeiro elo da cadeia de segurança rodoviária. Precisa de ser educado, formado e cumprir as regras.*

Numa análise ao panorama europeu, é possível constatar que no ano de 2014 os valores registados de vítimas mortais foram muito superiores ao prospetivado. O valor de mortos em acidentes rodoviários, em 2014 na UE, veio a demonstrar que a tendência que se tinha imposto desde 2011 está a inverter, ou seja, as taxas de redução de vítimas mortais estão a baixar. No gráfico da Figura 2.1 é apresentada a taxa de mortalidade dos países europeus, para os anos de 2010 e 2014.

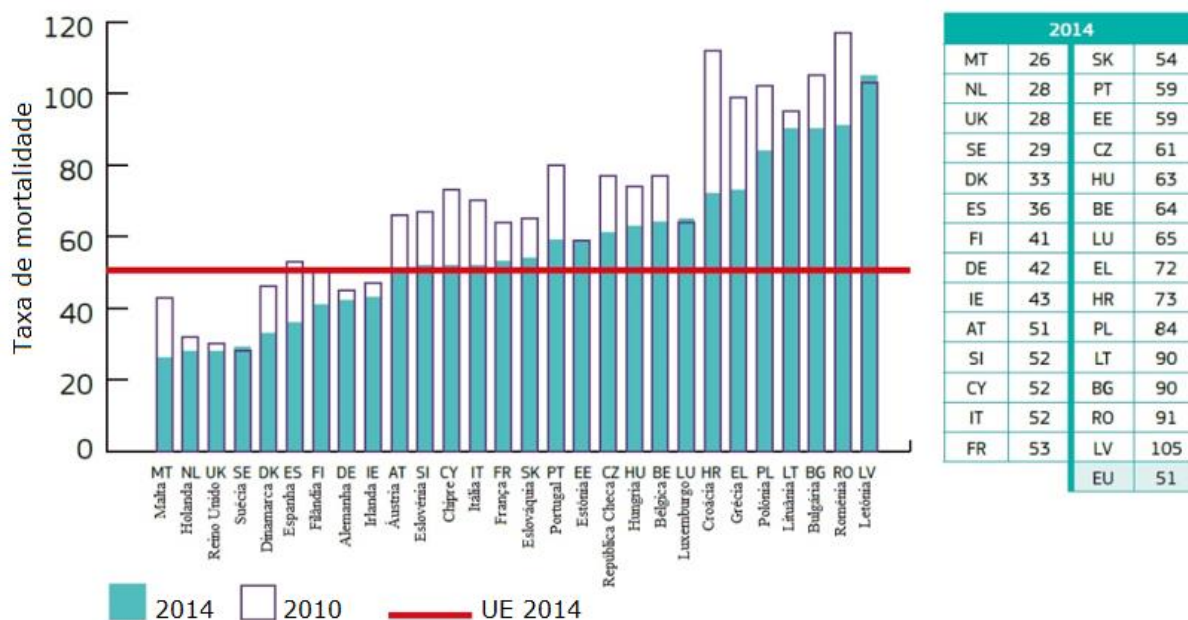


Figura 2.1 – Taxa de mortalidade por estado-membro para 2010 e 2014, UE [3]



Da observação da figura anterior, conclui-se que os países que mais contribuíram para a sinistralidade rodoviária europeia foram a Letónia, Roménia, Bulgária, Lituânia e Polónia, com mais de 80 mortos por milhão de habitantes. Por outro lado, os países com taxas mais baixas de vítimas mortais, com menos de 30 mortos por milhão de habitantes são a Suécia, Holanda, Reino Unido e Malta.

Os acidentes fatais ocorrem, na sua maioria, aos fins de semana à noite e nos períodos de férias, sendo julho e agosto os meses mais problemáticos, que acumulam maior número de vítimas mortais, de acordo com o relatório europeu de 2014 [3].

Tendo em consideração os objetivos europeus para 2011 – 2020, em Portugal, a ANSR criou uma estratégia nacional a ENSR [4], o objetivo desta estratégia passa pela redução do número de acidentes rodoviários, tornando o país um dos dez países, da UE, com menos vítimas mortais, em acidentes rodoviários. Em termos numéricos, a ENSR pretendia, até 2015, reduzir o número de vítimas mortais para 62 mortos por milhão de habitantes. O que iria representar uma redução de 31,6% em relação ao ano de 2006, como apresentado na Figura 2.2, onde é possível observar a evolução do número de vítimas mortais entre o período de 2005 e 2014.

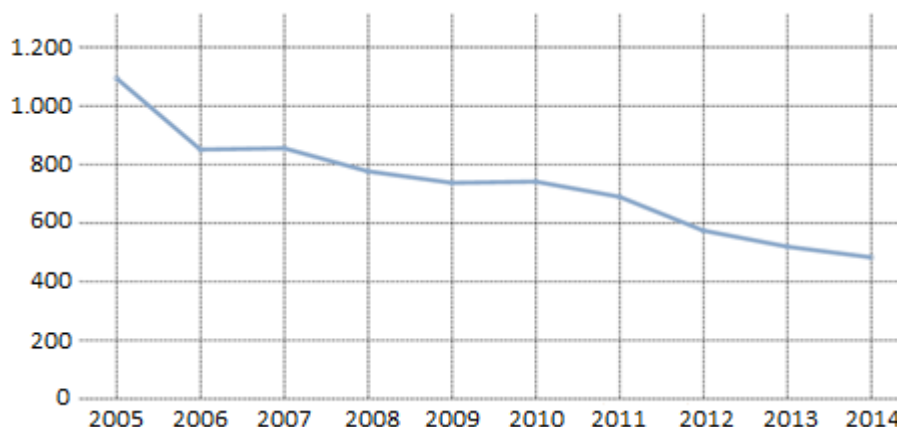


Figura 2.2 – Evolução das vítimas mortais em Portugal, ANSR [20]

Verifica-se uma redução do número de vítimas mortais ao longo dos anos, tendo sido alcançada, em 2014, a meta estabelecida pela ENSR referente aos 62 mortos por milhão de habitantes. Mas como já foi referido anteriormente, o número de mortos registados no ano de 2014 encontra-se acima da média europeia, que é de 51 mortos por milhão de habitantes, para o mesmo ano. Situação que torna mais difícil o objetivo de Portugal, de se encontrar entre os dez países da UE, com menos vítimas mortais no contexto da sinistralidade rodoviária.

Das observações efetuadas anteriormente, a ENSR [4] encara a sinistralidade rodoviária como *sendo um flagelo inaceitável, pelas suas consequências sociais e económicas, e porque a posição de Portugal no contexto da União Europeia não é satisfatória, apesar da já referida melhoria, foi decidido encarar o problema como um desafio nacional, em que todos temos de estar envolvidos.*

Intervenientes nos acidentes rodoviários

A sinistralidade rodoviária é um assunto de considerável importância que tem levado à realização de estudos e debates, sobre a origem dos acidentes. De uma forma geral, consideram-se três os intervenientes, que de forma direta ou indireta, contribuem para a existência de acidentes rodoviários, sendo estes, o condutor, a infraestrutura e o veículo (Figura 2.3).

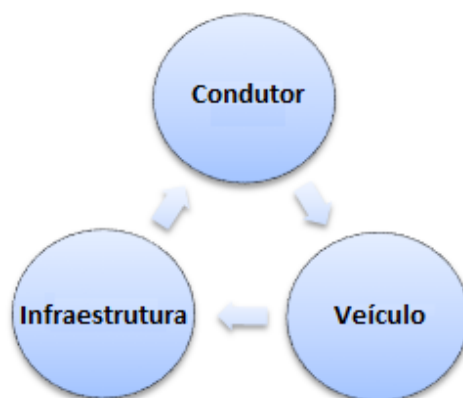


Figura 2.3 – Intervenientes nos acidentes rodoviários

De acordo com o Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária - Segurança Rodoviária, da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDRN) [21], vários estudos referem o condutor como a principal causa dos acidentes, de forma direta ou indireta. O ser humano é imprevisível e apresenta comportamentos impróprios de desrespeito das regras de circulação e uma falta de formação adequada.

Uma outra causa dos acidentes é o ambiente rodoviário, onde a infraestrutura desempenha um papel fundamental, nomeadamente, no que se refere à conceção, que deve ir de encontro às expectativas do condutor, proporcionando a máxima visibilidade possível, por forma a reduzir a possibilidade de erro humano. É igualmente importante o correto dimensionamento da AAFR, para minimizar a gravidade dos despistes e das colisões com obstáculos exteriores à faixa de rodagem, bem como a colocação adequada de dispositivos de segurança, para esse efeito.

De acordo com o mesmo manual, *a sinistralidade rodoviária deve-se, em grande medida, à prática de comportamentos inadequados mas também, e em grande parte, a falências do sistema de tráfego rodoviário, as quais muitas das vezes estão na base da geração desses comportamentos erráticos.*

Tal constatação justifica, no que concerne o domínio da engenharia rodoviária, que o problema em causa seja objeto de análise e sejam definidas metodologias de intervenção técnica especializada sobre a infraestrutura dirigidas à mitigação dos problemas de sinistralidade (CCDRN, 2008) [21].



Acidentes rodoviários

Em Portugal, os estudos sobre o dimensionamento e aplicação dos dispositivos de segurança são escassos, quando comparados com outros países da UE. Não existem dados estatísticos a nível nacional, que sirvam de suporte, para justificar se a implantação dos dispositivos de segurança, ou a falta destes, influenciam de alguma forma as consequências do acidente. Sempre que ocorre um acidente, a Polícia de Segurança Pública (PSP) preenche um formulário da ANSR para fins estatísticos, onde menciona as circunstâncias do acidente e as consequências deste. Neste formulário, designado de Boletim Estatístico de Acidentes de Viação (BEAV), apenas é referida a natureza do acidente (atropelamentos, colisão ou despiste) e quais as circunstâncias em que o acidente ocorreu, não efetuando qualquer tipo de análise relativa ao comportamento dos dispositivo de segurança.

O número de acidentes com vítimas mortais tem vindo a decrescer, entre 2010 e 2014. De acordo com os dados estatísticos da ANSR do ano de 2014 [20] é possível verificar que 16% dos acidentes ocorridos são atropelamentos, 34% despistes e 50% colisões. Na Figura 2.4 é apresentado um gráfico com o número de vítimas mortais de acordo com a natureza do acidente entre 2010 e 2014.

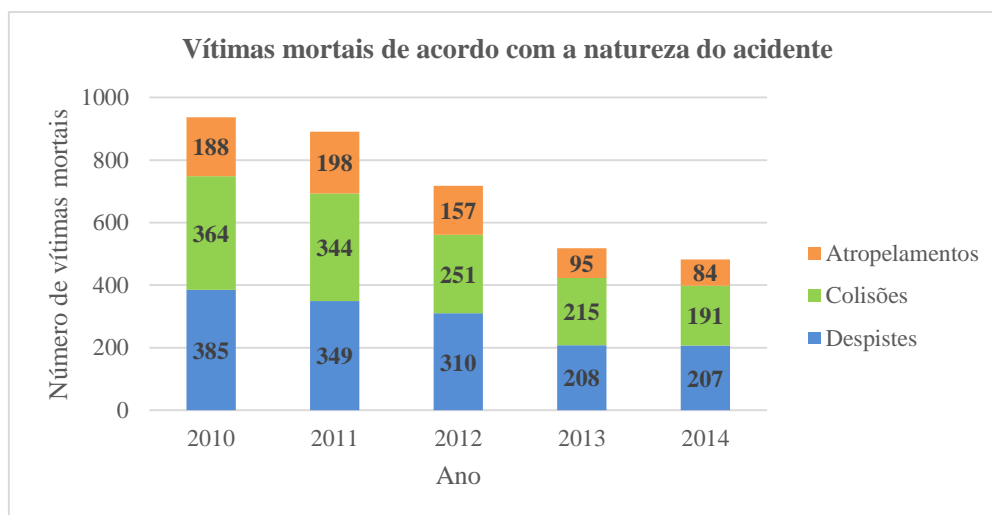


Figura 2.4 – Vítimas mortais de acordo com a natureza do acidente entre 2010 e 2014, ANSR [6] e [20]

Embora os despistes ocorram em menor número que as colisões, estes acabam por apresentar um maior índice de gravidade, tornando-os assim, o tipo de acidente mais perigoso. Para o ano de 2014, o índice de gravidade para os despistes foi de 2,0, enquanto que para o mesmo ano, o índice de gravidade das colisões foi de 1,3. No gráfico anterior, pode-se observar que os despistes são o tipo de acidente, que mais vítimas mortais causam.

No registo dos acidentes (nos BEAV) os despistes são divididos em oito categorias: simples, com fuga, com capotamento, com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo, com dispositivo de retenção, sem dispositivo de retenção e com transposição do dispositivo de retenção lateral. Para o presente estudo,

apenas interessa a análise das situações que referem a presença ou ausência de dispositivos de segurança. No Quadro 2.1 é apresentado o número de mortos e feridos graves, entre 2010 e 2014, que ocorreram em despistes que envolviam dispositivos de retenção, ou total ausência destes.

Quadro 2.1 – Despistes entre 2010 e 2014 (com e sem dispositivo de retenção), ANSR [6] e [20]

Tipo de despiste	Com vítimas mortais					Com feridos graves				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Sem dispositivo de retenção	34	37	26	12	11	91	81	63	64	55
Com dispositivo de retenção	19	16	18	12	10	50	42	33	38	34
Com transposição do dispositivo de retenção	31	20	13	26	17	33	32	50	29	35
Total de despistes	385	349	310	208	207	884	855	761	688	805

No quadro anterior é possível analisar o número de vítimas mortais e feridos graves envolvidos em despistes, com a existência ou não de dispositivos de retenção. Conclui-se que a grande maioria dos acidentes ocorre em locais onde não existe dispositivo de retenção, sendo este também um dos cenários mais perigosos, com maior número de mortos e feridos graves.

Torna-se assim muito importante a implementação de medidas passivas, que visam mitigar a gravidade dos acidentes, quando não é possível evitá-los. A implementação de dispositivos de segurança é uma dessas medidas passivas, de atenuação da gravidade dos acidentes, conduzindo por sua vez, à redução do número de vítimas mortais em despistes ou colisões com obstáculos na AAFR (Figura 2.5). Esta medida de proteção da zona envolvente da estrada, é um dos objetivos estratégicos da ENSR [4].



Figura 2.5 – Colisão com coluna de iluminação desprotegida, projeto RISER [22]



Em 2013 e 2014, 2% dos despistes ocorreram com transposição do dispositivo de retenção lateral, 9% com dispositivo de retenção e 13% em locais onde não existem dispositivos de retenção. Estas percentagens são muito semelhantes no período, entre 2010 e 2014, a grande diferença encontra-se no número de mortos e feridos graves registados, que reduziram durante esse mesmo período. A redução do número de vítimas é um indicativo de que o índice de gravidade também reduziu, ou seja, este tipo de acidentes tornou-se menos grave, no entanto, no ano de 2014, provocaram a morte de 207 pessoas.

Os dados anteriores permitem observar, que o número de despistes é muito elevado, o que fundamenta a crescente preocupação com a proteção dos obstáculos localizados na AAFR, a fim de se minorar o número de mortos e feridos em acidentes rodoviários. Ainda de acordo com a ANSR, é possível relacionar o género de despiste, com o tipo de via e as consequências finais do acidente, como se pode observar no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Total de acidentes com vítimas por tipo de despiste e tipo de via, ANSR [6]

Tipo de via	Tipo de despiste								
	Sem dispositivo de retenção			Com dispositivo de retenção			Com transposição do dispositivo de retenção lateral		
	2010/12 ⁽¹⁾	2012	2013	2010/12 ⁽¹⁾	2012	2013	2010/12 ⁽¹⁾	2012	2013
Autoestrada	42	33	24	412	378	382	127	98	90
Itinerário principal	11	7	9	67	60	73	13	5	14
Itinerário complementar	26	27	26	154	145	130	27	25	69
Estrada nacional	276	272	211	139	147	115	111	111	78
Estrada municipal	88	76	59	30	30	41	21	19	17
Arruamento	1.011	1.001	1.065	303	298	279	99	88	74
Outras vias ⁽²⁾	34	32	38	62	64	77	15	12	14
TOTAL	1.487	1.448	1.432	1.167	1.122	1.097	413	358	356

⁽¹⁾ Média entre os anos de 2010 e 2012

⁽²⁾ Outras vias: Estrada regional, Estrada florestal, Variante

Nota: Não existem dados sobre despistes segundo o tipo de via relativamente ao ano de 2014

De acordo com o quadro anterior, os casos mais preocupantes, com maior número de vítimas em acidentes, são os arruamentos e as Estradas Nacionais, perante situações onde não existem dispositivos de segurança. No que diz respeito a locais com dispositivos de retenção, os maiores valores registam-se nas autoestradas. Por fim, no caso da presença de dispositivo de retenção lateral onde houve transposição, novamente a preocupação recai sobre as autoestradas e as Estradas Nacionais, com maior número total de vítimas contabilizados.

É necessário que exista uma análise mais cuidada na necessidade e na aplicação dos dispositivos de segurança, com o objetivo de se reduzir o número de vítimas mortais e de feridos. É igualmente importante, a inspeção destes dispositivos ao longo da sua vida útil, para garantir que as suas características se mantêm, por forma a salvaguardar o bom funcionamento dos mesmos.

2.2. ÁREA ADJACENTE À FAIXA DE RODAGEM (AAFR)

A AAFR é o espaço livre existente para lá da plataforma, que normalmente se encontra fortemente condicionado, pela orografia e pela ocupação do solo. Devido a estas condicionantes, muitas vezes, é impossível conceber uma AAFR com as dimensões adequadas e livre de obstáculos, como o exemplo da Figura 2.6. Nesta impossibilidade, deve recorrer-se à utilização de dispositivos de retenção, para evitar colisões entre veículos descontrolados e obstáculos presentes na AAFR.

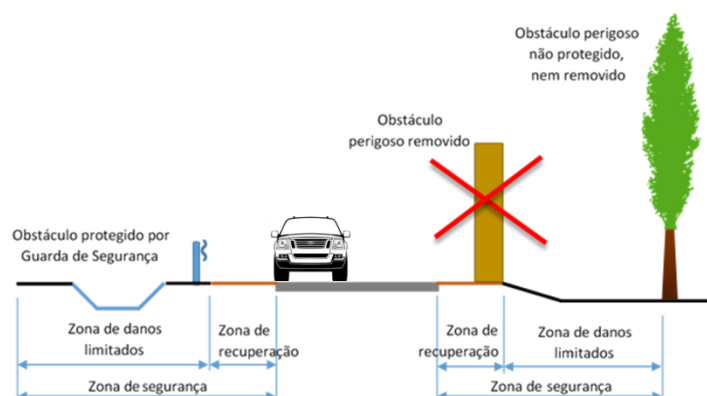


Figura 2.6 – Exemplo de AAFR, InIR [13]

De acordo com a norma do InIR referente à AAFR, é dito que *o traçado rodoviário e a AAFR fornecem informação visual aos condutores dos veículos. O tipo de estrada – uma autoestrada ou uma estrada rural – deve ser compreensível pelo condutor sem o recurso a sinalização que o explicita. A largura da faixa de rodagem, o tipo de marcação rodoviária e as características da AAFR, entre outros aspetos, devem fornecer pistas aos condutores acerca do seu correto posicionamento na faixa de rodagem e da velocidade que devem circular* (InIR, 2011) [13].

Cada vez mais o conceito de AAFR tolerante tem sido alvo de discussão, este baseia-se na criação de áreas adjacentes à plataforma sem obstáculos que apresentem perigo para terceiros. Embora esta situação seja a ideal, em muitos casos não é possível a sua execução, devido à ocupação do solo, à orografia e aos grandes custos financeiros relacionados com as expropriações das áreas adjacentes.

Em Portugal, é recorrente o aumento do número de vias nas estradas em exploração devido ao aumento do número de veículos que lá passam, sendo os respetivos alargamentos efetuados por vezes à custa do espaço livre da AAFR, devido aos elevados custos de expropriação.

Com todas estas limitações de espaço, acaba por existir uma grande concentração de obstáculos nas imediações da faixa de rodagem, como colunas de iluminação, órgãos de drenagem, painéis de sinalização, árvores, etc., como os exemplos da Figura 2.7. Estes obstáculos representam riscos para os condutores, necessitando assim de serem protegidos.



Figura 2.7 – Exemplos de obstáculos perigosos desprotegidos na AAFR, InIR [23]

2.3. DISPOSITIVOS DE RETENÇÃO

Existem duas classes de dispositivos de segurança rodoviária, que se encontram descritos nas normas europeias, distinguindo-se em função do elemento que visam proteger. De acordo com o Comité Europeu de Normalização (CEN), os dispositivos de retenção de peões e os dispositivos de retenção para veículos, que como o próprio nome indica, visam proteger veículo e os peões (ver Figura 2.8).

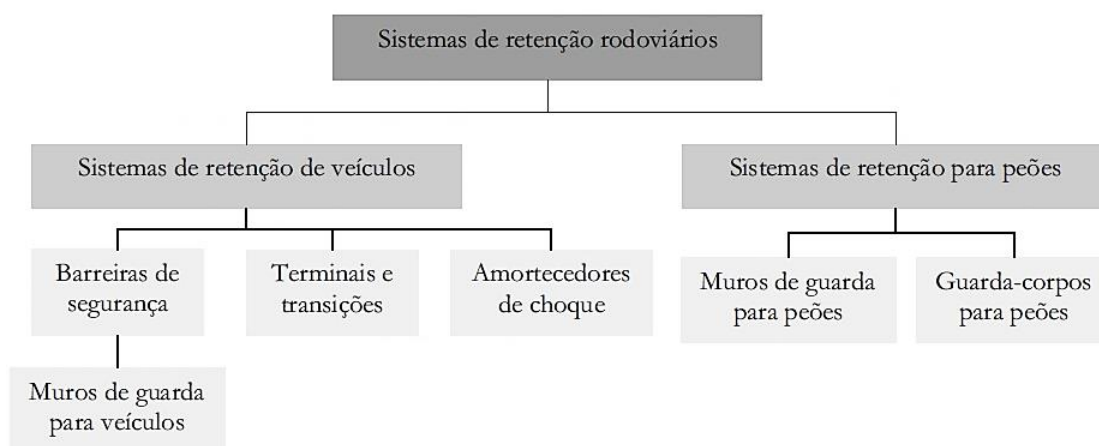


Figura 2.8 – Tipos de sistemas de retenção rodoviários de acordo com o CEN, InIR [7]

Podem ser classificados como dispositivos de retenção para veículos, as guardas de segurança e respetivos terminais e transições, os muros de guarda para veículos e os amortecedores de choque. Os guarda-corpos e muros de guarda para peões são considerados dispositivos de retenção para peões.

As guardas de segurança, também conhecidas como barreiras de segurança, podem ser de três tipos: flexíveis, semi-flexíveis ou rígidas (ver Figura 2.9). Estas são instaladas longitudinalmente no limite da berma, as chamadas guardas do lado direito, e/ou ao longo do separador central, as guardas do lado esquerdo da via. Relativamente às guardas de segurança flexíveis, estas são pouco utilizadas em Portugal, e a sua função de retenção é limitada, pois são colocadas essencialmente com o intuito de delimitação física do espaço.

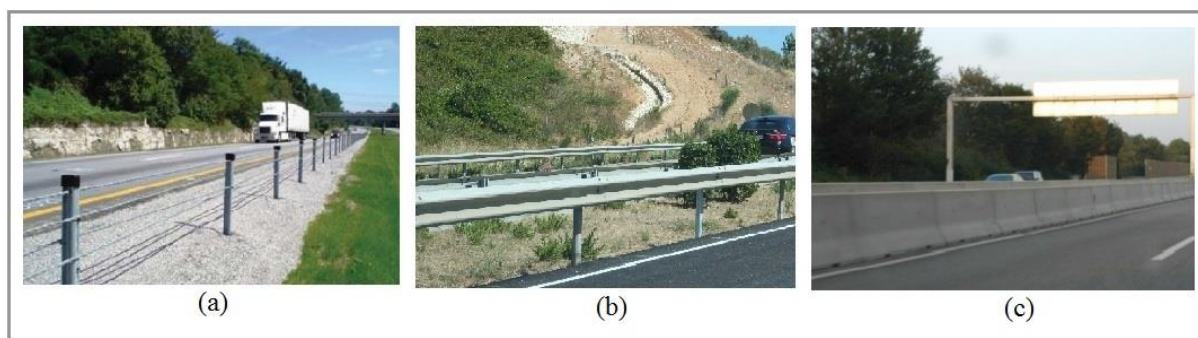


Figura 2.9 – Tipos de guardas de segurança: (a) flexível; (b) semi-flexível; (c) rígida, [24] e [25]

A função das guardas de segurança é conter, ou conter e redirecionar, os veículos descontrolados, impedindo-os de embater em obstáculos localizados na AAFR. Este tipo de dispositivo é concebido apenas para embates laterais, e será sobre as guardas de segurança semi-flexíveis que o presente documento irá incidir.

De acordo com a parte 4 da EN 1317 [11], os terminais são os tratamentos dados às extremidades das guardas de segurança, por forma a se reduzir o perigo, que estes representam para possíveis embates de veículos. No caso da extremidade, que se inicia no sentido de tráfego, esta deve ser dobrada e enterrada no solo, tendo em atenção que este encurvamento pode suscitar o capotamento de veículos que embatem de frente. Na extremidade final, a guarda de segurança deve ser dobrada para o seu interior, em forma de “cauda de carpa”, a fim de se evitar que em caso de choque esta invada o habitáculo do veículo (Figura 2.10), isto em faixas de rodagem de sentido único.



Figura 2.10 – Tipos de terminais: (a) enterrado; (b) cauda de carpa



As transições são a ligação entre duas guardas de segurança diferentes, e devem ocorrer sem que exista uma alteração brusca do comportamento destas (nível de contenção e deformação). Estas transições devem ser efetuadas com muita cautela, para se garantirem todos os parâmetros de segurança.

Existem ainda os amortecedores de choque, que têm a finalidade de imobilizar os veículos quando se encontram descontrolados e prestes a embater frontalmente com um obstáculo pontual. Uma situação muito comum, de aplicação destes dispositivos, são as zonas de divergência dos ramos de ligação, onde geralmente se dá início à guarda de segurança.

Por fim, existem os Dispositivos de Proteção para Motociclistas (DPM), que de acordo com a Lei n.º33/2004, de 28 de julho e o Decreto Regulamentar n.º 3/2005, de 10 de maio, a sua colocação é obrigatória, nas guardas de segurança existentes nos pontos negros e outros pontos de risco da RRN. Os pontos negros são locais, onde há uma grande ocorrência de acidentes rodoviários com vítimas mortais, devido a situações pontuais, que podem derivar de um mau dimensionamento da via, do pavimento, da sinalização, falta de iluminação, má colocação dos dispositivos de segurança ou falta destes. No caso de novas vias estas devem contemplar a instalação destes dispositivos ao longo de toda a sua extensão.

2.4. NORMALIZAÇÃO EXISTENTE

Como referido anteriormente, a redução da sinistralidade rodoviária tem vindo a ganhar uma grande importância nos dias de hoje, daí a existência de um grande esforço na criação de normas e documentos que auxiliem a escolha e aplicação de dispositivos de segurança rodoviária. Um exemplo disso é a EN 1317, esta norma visa definir procedimentos de teste e certificação para os dispositivos de segurança. Esta, posteriormente, foi traduzida para português dando origem à norma portuguesa NP 1317. Este documento, não identifica o tipo de guarda de segurança que deve ser utilizada em determinada situação, apenas refere quais os testes a que está sujeita para garantir um determinado nível de contenção. A EN 1317 tem como referências normativas a ISO 6487 – “*Measurement techniques in impact tests – Instrumentation*” e a ISO 10392 – “*Road vehicles with two axes – Determination of center of gravity*”.

A parte 1 da EN 1317 [8] obriga à realização de ensaios reais de embate, de diferentes tipos de veículos, com várias velocidades e ângulos de embate nos dispositivos de segurança, para avaliar e quantificar os parâmetros de desempenho, relativos à segurança. De entre estes parâmetros, podem ser classificados os seguintes:

- Índice de severidade de aceleração;
- Velocidade de impacto da cabeça teórica;
- Desaceleração da cabeça após-colisão;
- Índice de deformação da cabine do veículo;



- Nível de contenção;
- Nível de gravidade;
- Deformação expressa pela largura útil.

Da análise da EN 1317, verifica-se que a mesma se refere aos critérios de ensaio, para garantir os níveis de contenção pretendidos para as guardas de segurança, mas não especifica de forma alguma, em que condições devem ser implementadas.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e o IMT têm vindo a trabalhar neste âmbito, criando documentos base que se propõem apoiar os projetistas desta área, no dimensionamento dos sistemas de retenção, tendo por base a norma EN 1317. Desta forma, foi então elaborado o documento base “*Sistemas de Retenção Rodoviários – Manual de Aplicação*” datado de 2010 pelo InIR [7], que detalha e explica a EN 1317.

Neste âmbito, refere-se que a Norma de Traçado da JAE [12] apenas contempla um subcapítulo dedicado a esta temática, onde refere aspetos genéricos sobre a colocação das guardas. É referido nesta norma que as guardas de segurança devem ser colocadas nas bermas, a fim de se evitar a colisão do veículo com obstáculos a distâncias inferiores a 3,0 metros destas, não especificando o nível de contenção a adotar de acordo com os obstáculos.

Já o documento base “*Sistemas de Retenção Rodoviários – Manual de Aplicação*” classifica os sistemas de retenção de acordo com as normas CEN e os níveis de desempenho de segurança de acordo com a EN 1317, bem como os critérios de seleção de guardas de segurança: necessidade de colocação, escolha do nível de contenção e comprimento necessário de guardas de segurança.

Este manual contempla também um fluxograma sobre a avaliação da necessidade de colocação de guardas de segurança, baseado nas normas alemãs, e a seleção do nível de contenção destas, algo que não está especificado na EN 1317. No entanto, este fluxograma não discrimina os vários obstáculos, de acordo com o seu perigo, apenas refere genericamente algumas áreas e obstáculos que devem ser tidos em consideração no ato da escolha. Faltando assim, alguns exemplos das áreas e obstáculos que devem ser considerados vulneráveis e o seu porquê, para então se compreender qual o nível de contenção a aplicar. O mesmo acontece para os objetos perigosos, que apenas são referidos alguns exemplos, mas sem indicação do seu grau de perigo para possibilitar a escolha do nível de contenção, que posteriormente leva à indicação de como deve ser colocada a guarda de segurança.

Refere-se, ainda, que foram analisados diversos Decretos-leis, relativos a contratos de concessão, desde o ano de 1985 até 2015, muitos deles, relativos à construção, conservação e exploração de autoestradas, onde é indicado, que todos os estudos e projetos a serem realizados devem satisfazer os requisitos legais das normas da JAE. No caso de omissões nestes documentos, dever-se-á recorrer às normas em vigor,



noutros países da União Europeia, nomeadamente as normas emitidas pelo *Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes* (SETRA).

Os contratos mais recentes, datados de 2015, referem ainda, relativamente aos equipamentos de segurança: *serão instaladas guardas e outros equipamentos de segurança, nomeadamente no limite da plataforma da AE junto dos aterros com altura superior a 3,0m, no separador quando tenha largura inferior a 9,0m, bem como na proteção de obstáculos próximos da plataforma nos termos das normas do SETRA.*

Com isto, visando complementar as normas portuguesas, procedeu-se à análise de vários documentos de referência do SETRA ([17], [18] e [19]), que contemplam instruções, não só de ensaio das guardas de segurança, bem como os critérios de aplicação a serem tidos em linha de conta na sua instalação.

2.5. RESUMO

A sinistralidade rodoviária é um flagelo social e económico dos tempos modernos. A UE, para tentar reduzir o número de mortos em acidentes rodoviários, delineou um plano de segurança rodoviária 2011 – 2020, onde define objetivos estratégicos que devem ser adotados pelos estados-membros. Estes objetivos passam por um maior investimento na formação do condutor, visto esta ser uma das principais causas dos acidentes, e também um forte investimento na infraestrutura, por forma a torna-la mais segura e adequada às expetativas do condutor, reduzindo a possibilidade de erro humano. Em Portugal, estabeleceu-se a estratégia ENSR 2008 – 2015, visando a redução da sinistralidade na RRN. De uma forma geral, desde 2010, tem-se vindo a registar uma redução do número de acidentes rodoviários e de vítimas, mas esta tendência está a inverter, tendo-se nos primeiros meses de 2015 registado mais acidentes e vítimas, que em igual período do ano de 2014.

Dos acidentes registados, os mais preocupantes são os despistes, pois são mais perigosos e causam maior número de vítimas mortais. Muitos destes despistes acontecem em locais, onde não existem dispositivos de retenção lateral, e levam ao embate entre veículos descontrolados e obstáculos presentes na AAFR. Daí a necessidade de se ter uma AAFR tolerante, livre de obstáculos perigosos, e no caso dessa impossibilidade, estes obstáculos devem estar protegidos com dispositivos de segurança rodoviários. Estes dispositivos de segurança podem ser de três tipos: flexível, semi-flexível e rígido, que devem ser adotadas de acordo com a situação presente no local (espaço existente, tipo de via, tipo de tráfego, etc.). No presente documento, apenas se irão estudar os dispositivos de retenção lateral semi-flexíveis.

Da análise efetuada aos vários documentos e disposições normativas, para a aplicação de guardas de segurança semi-flexíveis, notou-se em alguns casos, omissões em relação aos critérios de aplicação que deveriam ser utilizados, de acordo com as várias situações que possam ocorrer ao longo de uma via.



Para colmatar esta falta de informação, utilizou-se como recurso as normas francesas do SETRA, que estabelecem critérios de aplicação e ensaio para dispositivos de retenção. O recurso a estas normas deu-se após a análise de vários documentos contratuais de concessões rodoviárias portuguesas, que referiam, que em casos de omissões nas normas, dever-se-ia recorrer às normas do SETRA.



3. MÉTODOS DE ENSAIO

O melhoramento das infraestruturas já construídas, e uma conceção mais rigorosa de novas vias de comunicação, leva ao aumento da segurança e uma conseqüente redução da sinistralidade rodoviária. Com o objetivo da promoção da segurança rodoviária a UE tentou harmonizar as várias normas e regulamentos existentes nos estados-membros numa única norma, a EN 1317. Esta norma visa uniformizar os métodos de ensaio e permitir assim a livre utilização de dispositivos de retenção por todos os estados-membros, desde que homologados de acordo com as diretrizes da EN 1317. Estes ensaios permitem também definir como deve ser efetuada a aplicação dos dispositivos de retenção.

O presente documento, incide apenas na escolha e implementação de guardas de segurança semi-flexíveis. Desta forma, todos os métodos de ensaio expostos referem-se apenas a estas guardas de segurança e os seus respetivos terminais e transições.

Previamente à existência da norma EN 1317, os ensaios às guardas de segurança eram efetuados mediante as diretrizes estabelecidas na Norma Francesa, NF P 98.409. Sendo que a legislação portuguesa, em caso de omissões nas normas nacionais, aconselhava o uso das normas francesas, pelo que, todos os dispositivos de segurança portugueses, nos quais os ensaios foram realizados até novembro de 1998, tinham por base a norma NF P 98.409.

Atualmente, a homologação de todos os dispositivos de segurança utilizados em espaço europeu, têm obrigatoriamente, que estar em concordância com a norma EN 1317. Assim, para que seja concedida a homologação de um dispositivo é necessário que este seja sujeito a um teste de impacto, também designado de *crash test* (Figura 3.1), e obtenha avaliação positiva no final.



Figura 3.1 – Ensaio de guarda de segurança semi-flexível, Cidaut [26]

Este tipo de ensaios é realizado em laboratórios acreditados para o efeito, e são realizados a pedido da entidade que pretende comercializar o dispositivo. São analisados três fatores importantes nestes ensaios: a suficiência estrutural do dispositivo, a trajetória do veículo após o embate e os possíveis riscos presentes para os ocupantes da viatura.



Após o ensaio, facilmente podem ser observados os danos estruturais causados na guarda de segurança, bem como qual a trajetória do veículo após a colisão. Com esta informação é possível concluir se o dispositivo cumpriu o seu objetivo, que é o de reter e redirecionar o veículo descontrolado. No entanto, relativamente aos danos que poderão ocorrer nos ocupantes, esses já não são passíveis de serem avaliados visualmente, torna-se necessário o recurso ao cálculo dos índices de gravidade de embate.

Existem ainda, os testes computacionais de simulação de colisão, que permitem efetuar uma análise do embate entre o veículo e o dispositivo de retenção. Mas estes testes apenas, sem recurso a teste de impacto real, não são suficientes para a homologação do dispositivo, uma vez que não conseguem representar de forma realística o comportamento das ligações entre os vários componentes do dispositivo de retenção.

Temos ainda o teste de ensaio ao solo que visa determinar a capacidade de suporte do solo, para posteriormente se analisar a profundidade necessária para cravação dos prumos. Este ensaio é realizado *in situ*, e não é considerado obrigatório segundo a legislação portuguesa, sendo muitas vezes desprezado, tendo-se apenas em consideração as especificações dos cadernos de encargos tipo obra das Estradas de Portugal (EP) atualmente inserida nas Infraestruturas de Portugal (IP).

3.1. CONDIÇÕES DE ENSAIO E ÍNDICES DE CÁLCULO DA GRAVIDADE

No caso específico das guardas de segurança semi-flexíveis, o ensaio é definido a partir da velocidade de colisão, o ângulo de embate do veículo com o dispositivo e a massa total do veículo de ensaio, que difere consoante este seja um veículo ligeiro ou pesado.

De acordo com a parte 1 da EN 1317 [8], estes ensaios de homologação têm de ser realizados em terreno plano, permitindo-se no máximo uma inclinação até 2,5%. A superfície do terreno deve encontrar-se pavimentada, sem água, gelo ou neve acumulados. A norma refere, ainda, que o troço deve de ter um comprimento suficiente para se obter a velocidade requerida de acordo com o tipo de teste em questão, para que o embate aconteça como previsto.

O risco de lesão, para o ocupante do veículo, define qual o nível de gravidade do embate. Para a quantificação do nível de gravidade, é necessário recorrer-se ao cálculo de vários índices. Estes cálculos encontram-se detalhados na primeira parte da norma EN 1317 [8], e são designados de índice de severidade de aceleração (ASI do inglês *Acceleration Severity Index*), velocidade de impacto da cabeça teórica (THIV do inglês *Theoretical Head Impact Velocity*), desaceleração pós-impacto da cabeça (PHD do inglês *Post Impact Head Deceleration*) e o índice de deformação da cabina do veículo (VCDI do inglês *Vehicle Cockpit Deformation Index*).



O ASI quantifica a severidade do impacto e as acelerações que este provoca nos passageiros do veículo. A aceleração deve ser medida no interior do veículo, junto ao centro de gravidade deste, com recurso a transdutores de aceleração. Quando o ASI for inferior à unidade, os perigos apresentados para os ocupantes são quase inexistentes. Estes perigos aumentam, quanto maior for o valor do índice ASI.

Para se avaliar a gravidade do impacto de um veículo, para o seu ocupante, considera-se a cabeça do ocupante como um objeto com movimento livre. Desta forma através do THIV é possível contabilizar o risco de lesão para o ocupante do veículo, sem cinto de segurança.

Após a cabeça do ocupante embater com o interior do habitáculo, esta permanece em contacto com este, tendo ambos a mesma desaceleração. Desta forma, o objetivo do PHD é medir a intensidade da força que é exercida sobre o ocupante, na fase do choque, em que este está em contacto com a cabine do veículo.

É ainda medido o VCDI, por forma a se quantificar a deformação da cabina para o interior do veículo, em direção aos ocupantes. Esta deformação pode conduzir a lesões graves nos passageiros do veículo.

3.2. ENSAIOS EM GUARDAS DE SEGURANÇA SEMI-FLEXÍVEIS

O ensaio realizado nas guardas de segurança deve estar de acordo com os critérios estabelecidos na parte 2 da norma EN 1317 [9]. Este ensaio é realizado com recurso ao impacto real entre um veículo de teste e a guarda de segurança submetida a ensaio, com a finalidade de se avaliar o nível de contenção desta.

Os critérios base para a definição do ensaio são: a velocidade da colisão, o ângulo de embate e a massa total do veículo de teste. Aos ensaios realizados às guardas de segurança, é atribuída uma sigla TB, por forma a diferenciá-los dos restantes ensaios, realizados aos outros dispositivos de segurança rodoviária.

Nos ensaios é necessário garantir-se que a guarda de segurança contém e redireciona um veículo descontrolado que nela embata, sem registar rotura completa dos elementos longitudinais principais. Nenhum elemento do dispositivo deve penetrar o habitáculo do veículo, representando perigo para os passageiros.

No Quadro 3.1 são apresentados os ensaios de aceitação de acordo com o nível de contenção e correlacionam-se, ainda, os parâmetros de ensaio (comportamento da guarda de segurança e do veículo, os índices ASI, THIV, PHD e VCDI e a deformação da guarda) com o nível de contenção do dispositivo, estes parâmetros são os critérios necessários para aceitação do ensaio.

As guardas de segurança são concebidas para possuírem um determinado nível de contenção, este nível é definido logo à partida, e é de acordo com o nível de contenção desejado que são realizados os ensaios necessários para a sua homologação. Por exemplo, é pretendida a homologação de uma guarda de



segurança com um nível de contenção N1, para esse efeito o fabricante terá que propor que seja realizado um teste TB31, para aprovação do dispositivo, como se pode observar no quadro seguinte.

Quadro 3.1 – Parâmetros de ensaio da guarda de segurança, adaptado NP 1317-2 [27]

Nível de contenção		Parâmetros			
		Comportamento da guarda de segurança e do veículo	Nível de gravidade de colisão ASI-THIV (PHD)	Deformação do veículo (VCDI)	Deformação da guarda de segurança
Baixo	T1	TB 21	TB 21	TB 21	TB 21
	T2	TB 22	TB 22	TB 22	TB 22
	T3	TB 41 + TB 21	TB 21	TB 21	TB 41
Normal	N1	TB 31	TB 31	TB 31	TB 31
	N2	TB 32 + TB 11	TB 31 + TB 11 ¹⁾	TB 31 + TB 11	TB 32
Elevado	H1	TB 42 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 42
	H2	TB 51 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 51
	H3	TB 61 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 61
Muito elevado	H4a	TB 71 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 71
	H4b	TB 81 + TB 11	TB 11	TB 11	TB 81

1) O nível de gravidade é determinado pelo resultado mais alto dos dois ensaios, ambos os resultados podem ser incluídos no relatório especificado na EN 1317-1

Quando um dispositivo é submetido a um ensaio de impacto real, com sucesso para um determinado nível de contenção, deve assumir-se que este cumpre as condições para um ensaio de um nível inferior, excetuando os níveis N1 e N2 que não cumprem as condições do nível T3, pois este exige um ensaio com um veículo pesado rígido, e o mesmo não é requerido para os ensaios N1 e N2. O nível de contenção solicitado por um veículo pesado é sempre superior ao nível de contenção requerido por um ligeiro.

Quando se pretende avaliar um sistema, que esteja dentro do alcance dos vários níveis de contenção (T3, N2, H1, H2, H3, H4a e H4b), é necessária a realização de dois ensaios distintos. Um dos ensaios deve estar de acordo com o nível de contenção máximo para o sistema, e o outro ensaio requer a utilização de um veículo ligeiro, com 900 kg. Isto a fim de se verificar se o nível de contenção máximo é também compatível com capacidade de contenção do veículo ligeiro, por forma a ser garantido que não existem deformações excessivas neste, que possam colocar em causa a segurança dos passageiros.

O nível de gravidade da colisão representa o risco a que os ocupantes do veículo estão sujeitos, em caso do embate deste no dispositivo de segurança. Este nível de gravidade é avaliado tendo como referência os valores de cálculo dos índices ASI, THIV e PHD, como se pode observar no Quadro 3.2.

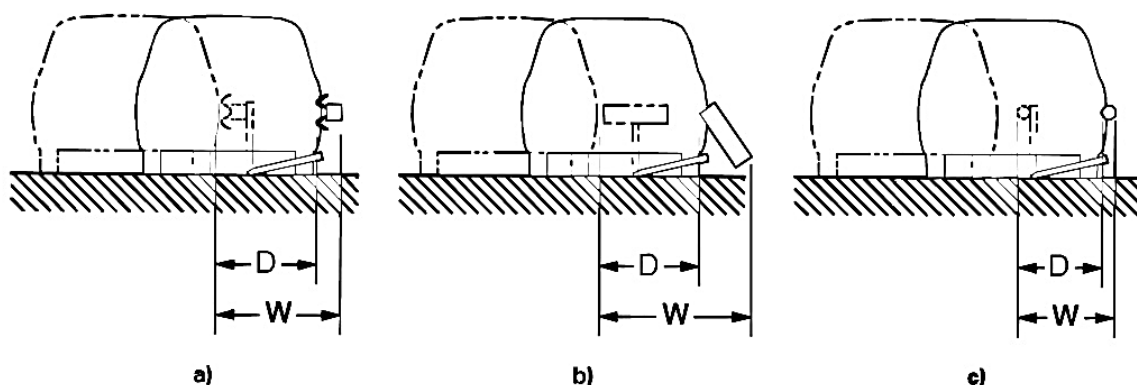
Quadro 3.2 – Níveis de gravidade de colisão, NP 1317-2 [27]

Nível de gravidade de colisão	Valores de índice		
A	$ASI \leq 1,0$	e	$THIV \leq 33 \text{ km/h}$ $PHD \leq 20 \text{ g}$
B	$ASI \leq 1,4$		

NOTA 1: O nível de gravidade de colisão A confere um maior nível de segurança para os ocupantes de um veículo em movimento do que o nível B e é preferido quando as outras considerações são as mesmas.

NOTA 2: Em localizações perigosas específicas onde a contenção de um veículo em movimento (como por exemplo um veículo pesado) é o principal aspeto a ter em consideração, pode ser necessária a adoção e instalação de um sistema de restrição do veículo sem um nível específico de gravidade de colisão. Os valores de índice registados no ensaio do sistema de restrição devem no entanto ser citados no relatório de ensaio.

A deformação das guardas de segurança semi-flexíveis é avaliada através de dois comprimentos, designados de deflexão dinâmica (D) e largura útil (W). A deflexão dinâmica representa o deslocamento lateral dinâmico máximo, do lado do sistema de restrição virado para o trânsito. A largura útil é distância medida entre lado virado para o trânsito, antes da colisão, e a posição dinâmica lateral máxima de qualquer parte importante do sistema. Na Figura 3.2 podem ser observadas algumas situações de medição, destes dois comprimentos.



Deflexão do veículo de ensaio durante a colisão

Figura 3.2 – Representação da deflexão dinâmica (D) e da largura útil (W), NP 1317-2 [27]

É importante salientar, que a deformação da guarda de segurança deve ser sempre inferior à distância disponível, entre a traseira do sistema e o obstáculo a proteger, para se garantir o seu correto funcionamento. Após o embate a guarda deforma-se à medida que absorve a energia do impacto, e no caso de existir um obstáculo na zona referente à largura útil, o veículo acabará por colidir com esse obstáculo, aumentando assim os riscos para terceiros. Os valores referentes à largura útil encontram-se descritos no Quadro 3.3.



Quadro 3.3 – Níveis de largura útil, NP 1317-2 [27]

Classes de níveis de largura útil	Níveis de largura útil (m)
W1	$W \leq 0,6$
W2	$W \leq 0,8$
W3	$W \leq 1,0$
W4	$W \leq 1,3$
W5	$W \leq 1,7$
W6	$W \leq 2,1$
W7	$W \leq 2,5$
W8	$W \leq 3,5$

Os valores referentes à largura útil são cruciais para definir o tipo de dispositivo a adotar, tendo em consideração o espaço existente no local para a sua deformação, em caso de embate. Por exemplo, numa obra-de-arte onde existe um espaço livre entre a guarda de segurança e o guarda corpos de 1,0 metro, nesta situação deve-se optar por um dispositivo com uma largura útil inferior a 1,0 metro, ou seja um dispositivo das classes W1, W2 ou W3.

3.3. ENSAIOS EM TERMINAIS E TRANSIÇÕES DE GUARDAS DE SEGURANÇA SEMI-FLEXÍVEIS

A parte 2 da norma EN 1317, apenas contempla os requisitos necessários para os ensaios relativos às guardas de segurança, não referenciando as diretrizes de ensaio para os terminais e transições destes mesmos dispositivos. As condições de ensaio dos terminais e transições são expostas na parte 4 da EN 1317 [11], isto devido ao facto de uma colisão entre um veículo com um terminal não acarretar os mesmos riscos, que um embate numa parte contínua da guarda de segurança.

Os riscos decorrentes da colisão entre um veículo e o terminal da guarda de segurança, são por norma mais elevados que na própria guarda, conseqüentes da desaceleração brusca que ocorre, e coloca em causa a segurança dos ocupantes do veículo. As colisões com as transições também representam riscos diferenciados, dado ao comportamento variável apresentado consoante a secção e a rigidez do dispositivo.

Os métodos de ensaio, destas partes das guardas de segurança, são de todo equivalentes aos descritos na parte 2 da EN 1317. No caso específico dos terminais, os seus ensaios, designados pela sigla TT, são caracterizados pelo tipo de aproximação do veículo de teste ao terminal, pela velocidade e pela massa desse mesmo veículo.



As classes de desempenho dos terminais variam de P1 a P4, e quanto mais elevada for a classe, maior é o nível de contenção do terminal, um aspeto importante para os embates frontais. É também possível criar vários modelos de terminais, tal como acontece com os amortecedores de choque, para isso é necessário garantir que os modelos sejam todos montados a partir do mesmo conjunto de componentes, tenham o mesmo nome de produto e o mesmo mecanismo de funcionamento para o sistema e os seus componentes.

Relativamente à gravidade do impacto resultante para os ocupantes do veículo, esta é analisada de forma análoga à das guardas de segurança, através do cálculo dos índices ASI, THIV e PHD. Os valores do nível de gravidade de colisão encontram-se representados no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Classes de severidade do embate do veículo para terminais, NP 1317-4 [28]

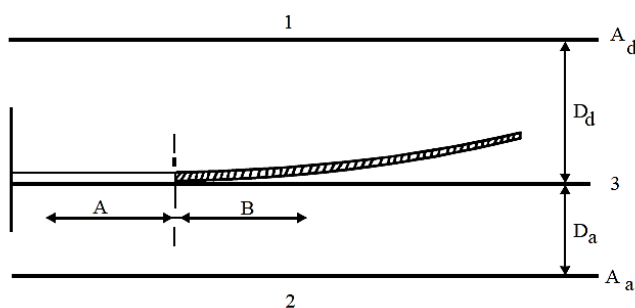
Nível de severidade de embate	Valores de índice		
A	$ASI \leq 1,0$	THIV < 44 km/h nos ensaios 1 e 2 THIV < 33 km/h nos ensaios 4 e 5	PHD ≤ 20 g
B	$ASI \leq 1,4$	THIV < 44 km/h nos ensaios 1 e 2 THIV < 33 km/h nos ensaios 4 e 5	PHD ≤ 20 g

NOTA 1: A classe de severidade de embate A permite um nível de segurança mais elevado para os ocupantes de um veículo desgovernado do que para a classe B e é preferido quando outras considerações são as mesmas.

NOTA 2: O valor limite para o THIV é mais elevado nos ensaios 1 e 2 porque a experiência demonstrou que valores mais altos podem ser tolerados pelos ocupantes em colisões frontais (e também devido a melhor segurança passiva nesta direção). Esta diferença na exatidão humana entre colisões frontais e laterais já é considerada no índice ASI, que por essa razão, não precisa de ser alterado.

Tal como acontece nas guardas de segurança, o nível de severidade de embate A permite uma maior segurança para os ocupantes dos veículos em relação à classe B.

É também necessário efetuar uma análise ao deslocamento lateral permanente do terminal, como o representado na Figura 3.3.



Legenda:

- 1 Lado de saída
- 2 Lado da aproximação
- 3 Superfície da barreira virada para o trânsito
- A Barreira
- B Terminal

Figura 3.3 - Zonas de deslocamento lateral permanente do terminal, NP 1317-4 [28]



Este deslocamento lateral é medido perpendicularmente à superfície da guarda de segurança virada para o trânsito. Para que um terminal seja aceite, tem de ser garantido que as distâncias denominadas de D_a e D_d , representadas na figura anterior, não sejam excedidas. Caso estas distâncias não sejam ultrapassadas, o terminal irá ser classificado de acordo com o seu deslocamento lateral. Os valores de D_a e D_d encontram-se no Quadro 3.5, assim como o código da respetiva classe de terminal.

Quadro 3.5 – Zonas de deslocação lateral permanente para terminais, NP 1317-4 [28]

Código da classe		Deslocamento (m)	
x	1	D_a	0,5
	2		1,5
	3		3,0
y	1	D_d	1,0
	2		2,0
	3		3,5
	4		> 3,5

O deslocamento lateral do terminal após conhecido, pode ser comparado com a distância existente entre este e o obstáculo a proteger, de forma a adequar o tipo de dispositivo à situação, pois caso essa distância não seja suficiente, o veículo poderá colidir com o obstáculo.

3.4. LABORATÓRIOS E SIMULAÇÃO DE ENSAIOS COMPUTACIONAIS

Existem dois grandes laboratórios, na União Europeia, a operar na área da segurança rodoviária, realizando ensaios a dispositivos de segurança de acordo com a EN 1317. O CIDAUT é uma fundação para a investigação e desenvolvimento em transportes e energia. Este laboratório é pioneiro nos ensaios aos dispositivos de proteção para motociclistas, foi a primeira entidade a nível internacional a realizar estes ensaios, dando origem à norma espanhola UNE 135900.

Um outro laboratório, onde muitos dos fabricantes recorrem para a homologação dos seus produtos, é o LIER, um laboratório francês que foi criado em 1993, para fornecer à indústria os meios necessários visando facilitar o desenvolvimento e avaliação dos dispositivos de segurança.

Com o recurso às novas tecnologias, os laboratórios começaram a desenvolver novas técnicas de ensaio, como é o caso da simulação de ensaios computacionais (ver Figura 3.4). Estas atividades de simulação virtual utilizam modelos computacionais, como ferramentas para simular a colisão entre um veículo e um dispositivo de segurança. Os elementos virtualmente ensaiados dispõem de uma descrição detalhada e são consideradas todas as variáveis intervenientes no ensaio real de impacto. Mas, apesar de todo este detalhe, existem algumas limitações que se prendem com complexidade de representar matematicamente as ligações entre as peças mecânicas e os parafusos. Daí a necessidade da existência

de uma constante correção e calibração destes modelos, por forma a se obterem resultados cada vez mais próximos da realidade.

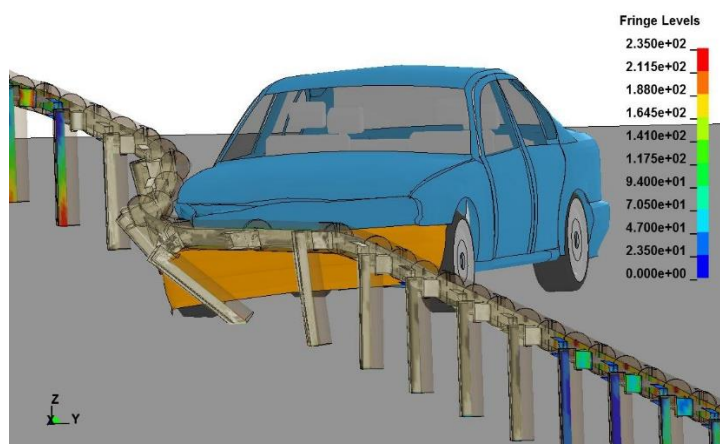


Figura 3.4 – Simulação de ensaio 3D, Transpolis [29]

Para o desenvolvimento de um modelo computacional, inicialmente procede-se ao desenho do dispositivo em CAD, que posteriormente é fragmentado em elementos finitos para ser submetido ao ensaio virtual. Como exemplos de *softwares* utilizados para este tipo de simulação temos o ANSYS, que permite utilizar elementos finitos e definir as variáveis a serem ensaiadas, e o Madymo que realiza as simulações computacionais.

Os resultados obtidos através da simulação computacional, de um dispositivo de segurança, não podem ser utilizados para a homologação do mesmo. A homologação de um dispositivo só pode ser concedida através de ensaios de impacto real. No entanto, as simulações virtuais podem ser utilizadas como um complemento comparativo aos ensaios de impacto real, permitindo a análise de dados e aperfeiçoamento do próprio dispositivo. Os resultados obtidos nos ensaios computacionais podem também servir de auxílio ao desenvolvimento de novos dispositivos de segurança, permitindo assim o seu ensaio, sem custos tão elevados como os que estão associados aos ensaios reais. E após estarem completos, podem então submeter-se a um ensaio de impacto real para a sua homologação.

3.5. ENSAIO DO SOLO

A ancoragem dos prumos das guardas de segurança é efetuada por cravação direta no solo, segundo as especificações do caderno de encargos tipo obra da EP [15]. Neste mesmo caderno de encargos, é referido que, em casos excecionais, os prumos devem ser encastrados num maciço de betão, no caso dos solos com uma resistência muito baixa, ou então utilizando como recurso a perfuração prévia, para solos de elevada resistência.

Este tipo de especificações nem sempre permitem assegurar as corretas condições de fundação dos prumos, o que pode levar à existência de alterações no seu comportamento mecânico. É necessário nunca esquecer, que o nível de contenção de um dispositivo de segurança não depende apenas do formato da guarda, depende também das características do solo onde esta é fundado e da forma como é construído.

O caderno de encargos da EP não refere a necessidade de realização de ensaios ao solo, antes de se proceder à cravação dos prumos. No entanto, o caderno de encargos de Espanha [30] é um pouco mais conservador, e refere a necessidade de se realizarem ensaios ao solo, *in situ*, para determinação da sua capacidade de suporte, tal como o indicado na Figura 3.5.

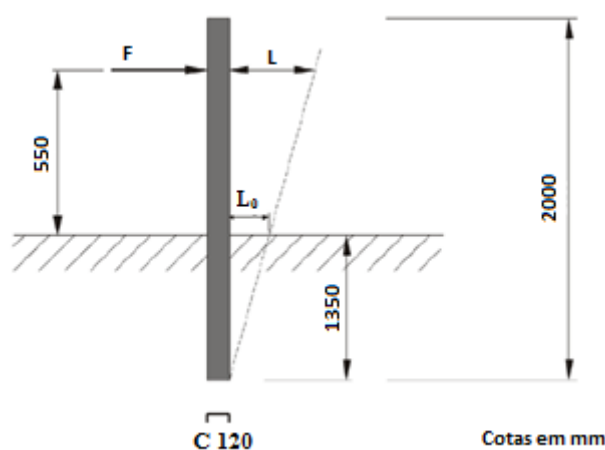


Figura 3.5 – Representação esquemática do ensaio ao solo, *Ministerio de Fomento* Espanha [31]

Este ensaio ao solo consiste na aplicação de uma força (F) sobre um prumo isolado e cravado diretamente no solo. Esta força deverá ser paralela ao solo, perpendicular ao prumo e dirigida para o exterior da estrada. Este ensaio deve ser realizado a cada 500,0 metros de estrada. O ponto de aplicação desta força deverá encontrar-se a 55,0 centímetros acima do solo, tal como indicado na figura anterior.

São medidos dois deslocamentos, o deslocamento no ponto de aplicação da força, L , e na secção junto ao solo, o deslocamento L_0 . A força aplicada vai aumentando a sua intensidade, até que o comprimento L seja de 45,0 centímetros. Após este ensaio, *in situ*, pode considerar-se a resistência do terreno adequada, se forem cumpridas as seguintes condições simultaneamente:

- Para um deslocamento L de 25,0 cm, a força aplicada é superior a 8,0 kN;
- Para um deslocamento L de 45,0 cm, o deslocamento do prumo ao nível do solo (L_0) é inferior a 15,0 cm.

Nos casos em que o solo não garanta uma resistência eficaz, segundo o caderno de encargos espanhol, o prumo nunca deve ser encastrado diretamente num maciço de betão, pois dessa forma a sua flexibilidade não está garantida, prejudicando assim o funcionamento do mesmo.



Quando os solos apresentam uma resistência fraca, é aconselhável o aumento do comprimento do prumo, ou efetuar a abertura de uma caixa ao longo da guarda semi-flexível, e proceder-se à betonagem de uma viga *in situ*, com orifícios para posterior cravação dos prumos. Após a colocação dos prumos, os orifícios devem ser enchidos com areia e cobertos por material impermeabilizante. No caso oposto, em solos de grande dureza, é proposta a perfuração do maciço rochoso, implementação do prumo e posteriormente encher os vazios com areia.

3.6. RESUMO

A necessidade de se criar infraestruturas cada vez mais seguras, que contribuam para a redução da sinistralidade rodoviária, levaram a UE a harmonizar as normas e regulamentos dos estados-membros, referentes aos métodos de ensaio de dispositivos de contenção, num só documento, a EN 1317. Esta norma visa a obrigatoriedade de homologação de todos os dispositivos de segurança, utilizados em espaço europeu, com base em ensaios de impacto real. Nestes ensaios são analisados os danos estruturais, no dispositivo de contenção, a trajetória do veículo após colisão e os danos ocorridos nos ocupantes do veículo.

A parte 1 da EN 1317 estabelece as condições em que devem ocorrer os ensaios e os métodos de cálculo para os índices de avaliação do risco de lesão, para os ocupantes do veículo. Na parte 2 e 4 da referida norma são estabelecidos os requisitos e valores de ensaio para guardas de segurança semi-flexíveis e terminais destas, respetivamente, que são necessários cumprir para que o dispositivo seja homologado. Para além dos testes de impacto real, é possível realizar testes computacionais de simulação de colisão, mas estes não permitem a homologação dos dispositivos, dada a sua incapacidade de retratar todas as variáveis envolvidas no ensaio.

Um outro ensaio que deve ser realizado, mas que em Portugal não é obrigatório, é o ensaio do solo. Este ensaio é realizado *in situ*, e tem como objetivo determinar a capacidade de suporte do solo, que permitirá, posteriormente realizar uma avaliação da profundidade necessária para cravação dos prumos. Caso este ensaio não seja realizado, devem prevalecer as especificações do caderno de encargos da EP.



4. CARATERIZAÇÃO GERAL DOS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Com o contínuo crescimento da rede viária e desenvolvimento socioeconómico, que se verificou após a entrada de Portugal na UE, foi então estabelecido o atual Plano Rodoviário Nacional (PRN) designado de PRN2000 (Decreto-lei n.º 222/98, de 17 de julho). O PRN2000 veio estabelecer uma nova hierarquização e alargar a RRN para 11.350 km, estando previstos um total de cerca de 16.500 km, e incluiu também a Rede Nacional de Autoestradas (RNA) com cerca de 3.000 km de extensão.

Com o intuito de acelerar a construção de infraestruturas rodoviárias, para concretizar os objetivos do PRN2000, estabeleceu-se um novo modelo de gestão e financiamento da rede rodoviária, em 2007. Este modelo visa transferir para entidades privadas (concessionárias) os riscos decorrentes das fases de projeto, construção e financiamento de uma via de comunicação, que anteriormente estavam a cargo do Estado Português (concedente). Esta transferência de responsabilidades da parte pública para a parte privada é efetuada a partir de um contrato de concessão, também conhecido como uma Parceria Público-privada (PPP).

No mesmo ano de 2007, o Estado celebrou um contrato de concessão com o Instituto das Estradas de Portugal, S.A., o atual IP, onde este assumia-se como concessionária geral da RRN. Desta forma, previa-se que as concessões entre o Estado Português e as entidades privadas passassem a ser consideradas subconcessões da ex-EP, mas esta situação atualmente ainda não se encontra regularizada.

Na Figura 4.1. encontra-se um diagrama de distribuição da RRN pelo IP e pelas restantes concessões.

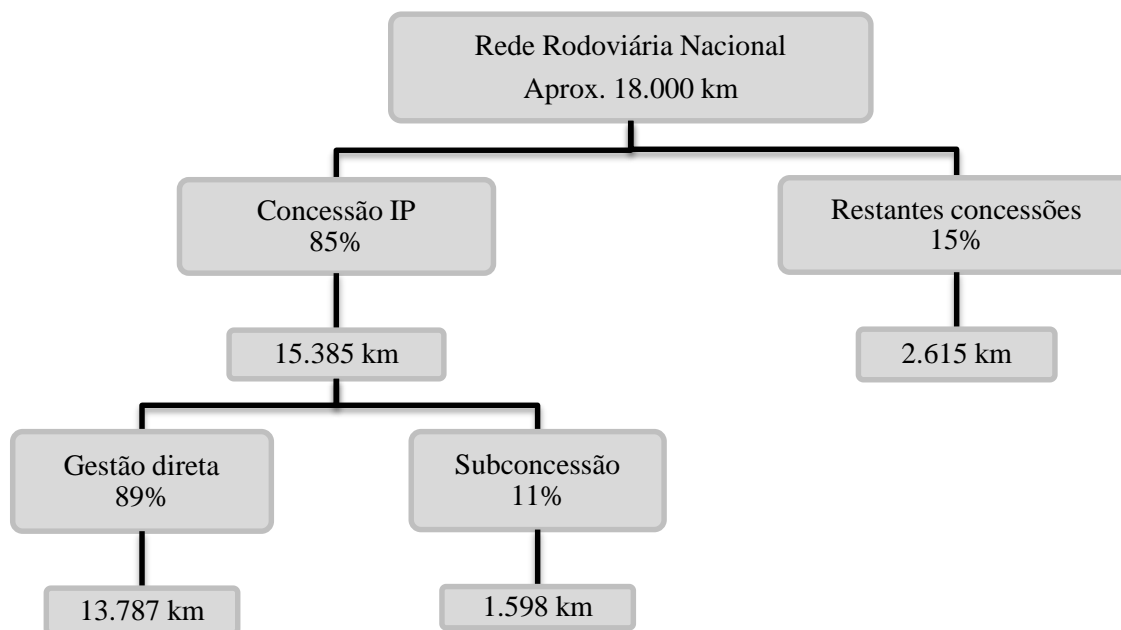


Figura 4.1 – Distribuição das concessões da RRN, adaptado R. Rocio [32]



A RRN, atualmente, tem aproximadamente na totalidade 18.000 km de extensão em exploração, dos quais 15.385 km pertencem ao IP e 2.615 km a outras concessionárias. O IP detém 85% da RRN, dos quais 13.787 km de extensão são gestão direta do próprio IP e 1.598 km subconcessionados, como se pode observar no diagrama anterior.

Atualmente, na rede de gestão direta do IP, existem 421.726 metros de guardas de segurança rígidas em betão, e 4.721.053 metros de guardas semi-flexíveis (Nabais, 2014) [33]. Como se pode observar, as guardas de segurança semi-flexíveis são as mais comuns e mais utilizadas em 89% da rede do IP, ou seja, em grande parte da RRN (ver Figura 4.2), daí a importância do seu estudo.



Figura 4.2 – Rede Rodoviária Nacional, R. Rocio [32]

O tipo de material com que é constituído o dispositivo de segurança, tem uma grande influência na sua rigidez. No caso das guardas de segurança em betão, também conhecidas por *New Jersey*, estas têm uma maior rigidez e uma deformação nula, que dependendo da força do embate, estas podem sofrer

deslocamentos. Já as guardas de segurança semi-flexíveis são constituídas por elementos metálicos, que permitem deformações durante o embate da viatura. Assim, a escolha do dispositivo a utilizar também está dependente do espaço existente, entre a guarda e o obstáculo a proteger.

De uma forma geral, as guardas de segurança têm como objetivo evitarem que um veículo descontrolado saia da faixa de rodagem, colidindo com um obstáculo perigoso ou se despiste nos taludes adjacentes à estrada (ver Figura 4.3). Estas também devem efetuar a separação entre faixas de rodagem, a fim de se evitar a colisão entre veículos que circulem em sentidos opostos.



Figura 4.3 – Deformação da guarda de segurança durante uma colisão, SETRA [19]

As guardas de segurança são colocadas longitudinalmente ao longo da secção corrente, acompanhando sempre o desenvolvimento da diretriz da estrada, no limite da berma direita, de modo a que o ângulo de embate seja no máximo de 20° , minimizando os danos causados. Caso os embates ocorram em ângulos superiores a 20° , a contenção e o redirecionamento do veículo não se encontram garantidos, ou seja, a guarda de segurança pode deixar de cumprir a sua função.

4.1. GUARDAS DE SEGURANÇA SEMI-FLEXÍVEIS

As guardas de segurança semi-flexíveis são constituídas por três elementos metálicos principais, que lhes confere alguma flexibilidade, sendo estes elementos: viga, amortecedor e prumo (ver Figura 4.4).

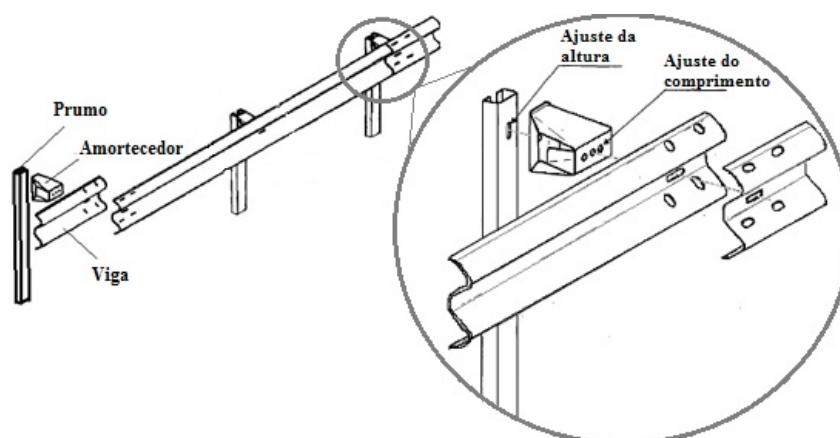


Figura 4.4 – Elementos de uma guarda semi-flexível, adaptado SETRA [19]

A viga é o elemento horizontal (“calha metálica”), que pode ter diversos formatos, o mais comum é o perfil ómega (tipo W), mas também existe o perfil U, mais utilizado em obras-de-arte (ver Figura 4.5).



Figura 4.5 – Perfil W e perfil U das vigas

As vigas são ligadas aos prumos, por intermédio dos amortecedores, que têm como objetivo a absorção de uma parte da energia na colisão e evitar que os veículos colidam diretamente com os prumos, sendo estes últimos a parte da estrutura mais resistente que causa os maiores danos na viatura. O formato dos amortecedores varia consoante a sua aplicação, ou seja, no caso de serem aplicados em guardas de segurança permanentes (perfil tipo W ou U) ou em passagens de emergência (ver Figura 4.6).



Figura 4.6 – Tipos de amortecedores, adaptado catálogo fabricante [34]

Os prumos garantem a ligação entre o solo e o conjunto viga-amortecedor, e têm como objetivo assegurar a resistência lateral e vertical, de forma a resistir ao choque, através da sua ancoragem ao solo. Estes são constituídos por perfis em forma de U, que podem ser do tipo C100 ou C125, isto para as guardas de segurança colocadas no limite das bermas.

Em plena via, normalmente a distância entre prumos considerada é de 4,0 metros, salvo em curvas de raio inferior a 45,0 metros, onde se opta por um afastamento de 2,0 metros, de acordo com o caderno de encargos da EP [15]. O SETRA [19] é mais conservador e considera os prumos com afastamento de 2,0 metros, para curvas com raios inferiores a 100,0 metros, exigindo reforço dos prumos para curvas de raio inferior a 60,0 metros. Ainda no mesmo documento é referida a necessidade de utilização do afastamento entre prumos de 2,0 metros para o reforço da contenção na proteção de obstáculos.

No caso das guardas de segurança implementadas na secção corrente das obras-de-arte, a ancoragem do prumo ao tabuleiro é efetuada através de uma chapa metálica, como o indicado na Figura 4.7 e o afastamento entre prumos é normalmente de 2,0 metros.



Figura 4.7 – Ligação da barreira ao tabuleiro da obra-de-arte

Existem três categorias de guardas de segurança: as temporárias, as amovíveis e as permanentes. As guardas de segurança temporárias são utilizadas apenas em situações onde estão a decorrer obras, e são impostos limites máximos de velocidade, pois têm um nível de contenção baixo e a sua ancoragem ao pavimento é temporária, não contribuindo para o aumento da resistência.

No caso das guardas amovíveis, estas são utilizadas nas passagens de emergência das estradas com duas faixas de rodagem (ver Figura 4.8), para em caso de acidente ou obras, se garantir a passagem do tráfego de uma faixa para outra.

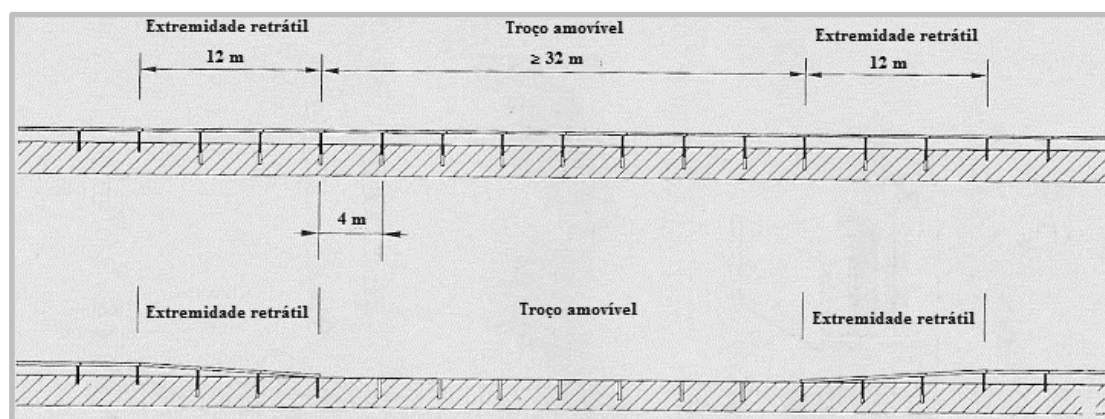


Figura 4.8 – Guarda de segurança amovível (passagem de emergência), SETRA [19]

As guardas de segurança amovíveis, tal como a figura anterior indica, têm 32,0 metros, podendo este comprimento ser aumentado se necessário. Nas extremidades desta encontram-se guardas retráteis com 12,0 metros de comprimento. A ancoragem no pavimento é efetuada de modo a que facilmente seja removida, sendo assim, não garante o mesmo nível de contenção que uma guarda permanente.

O nível de contenção de uma guarda de segurança semi-flexível permanente depende de um conjunto de fatores: perfil da viga, tipo de solo e respetiva ancoragem, afastamento entre prumos e a rigidez dos elementos constituintes. É todo este conjunto que contribui para a dissipação da energia cinética do veículo durante o choque, através da sua deformação para promover uma colisão o menos elástica possível. Após a absorção de energia, o dispositivo deve redirecionar o veículo para a plataforma, impedindo que a AAFR seja invadida (ver Figura 4.9), que exemplifica a trajetória de um veículo.

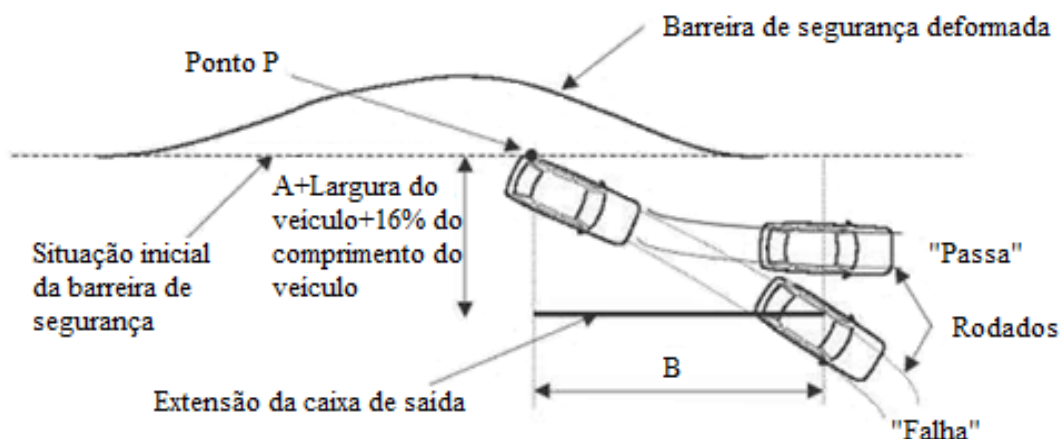


Figura 4.9 – Trajetória de um veículo de ensaio, InIR [7]

O ponto P representa o ponto onde a roda traseira do veículo cruza pela última vez a linha da situação inicial da barreira de segurança. As distâncias A e B correspondem às distâncias para o critério da caixa de saída, de acordo com o tipo de veículo, e os seus valores encontram-se apresentados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Distâncias para o critério de caixa de saída, InIR [7]

Tipo de veículo	A [m]	B [m]
Automóvel ligeiro	2,2	10
Outros veículos	4,4	20

O redirecionamento do veículo deve acontecer dentro da chamada “caixa de saída”, o cálculo desta extensão deve estar de acordo com a Parte 2 da EN 1317 [9]. No caso de se dar um choque elástico, em que a guarda de segurança não absorve grande parte da energia do embate, o veículo pode ser redirecionado com um maior ângulo de saída, levando a que este invada as vias de circulação mais distantes da berma, entrando em conflito com o restante tráfego.

Na Figura 4.10 é apresentado um gráfico que relaciona os fabricantes europeus com o número de modelos disponíveis no mercado.

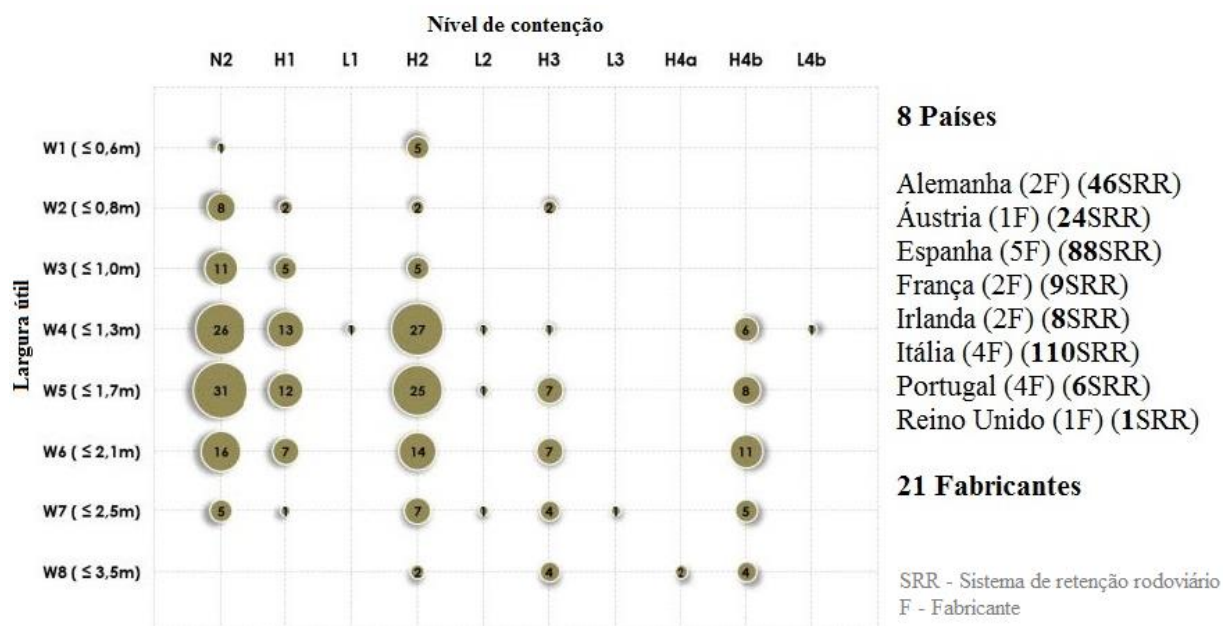


Figura 4.10 – Análise de mercado de sistemas de retenção, adaptado Nabais [33]






De acordo com o gráfico anterior, os níveis de contenção mais comuns na UE são o N2 e o H2, sendo o N2 um nível normal de contenção e o H2 de contenção considerada elevada. Nesse mesmo gráfico pode-se constatar que, em Portugal existem quatro fabricantes de dispositivos de segurança rodoviária, e seis Sistemas de Retenção Rodoviários (SRR) homologados de acordo com os requisitos da norma EN 1317. Ao todo na UE existem 292 sistemas de retenção e 21 fabricantes, distribuídos por oito países (Nabais, 2014) [33].

É ainda possível contabilizar o número de sistemas de retenção lateral, de acordo com a relação nível de contenção/largura útil. Para os níveis de contenção mais comuns (N2 e H2) a grande maioria destes SRR têm uma largura útil que varia entre W4 e W6, ou seja, têm larguras úteis inferiores a 2,1 metros. Por exemplo, na UE existem 27 sistemas de retenção rodoviários com um nível de contenção H2 e com uma largura útil W4. Esta relação entre o nível de contenção e a largura útil é muito importante, pois permite-nos saber qual será a largura útil necessária entre o dispositivo de retenção e o obstáculo a proteger, de modo a permitir a correta deformação do dispositivo em caso de colisão.

Devido à livre circulação de produtos em espaço europeu é possível adquirir dispositivos de segurança rodoviária no mercado interno. Estes dispositivos devem estar homologados de acordo com a norma EN 1317 e dispor da marcação CE.

Com base em catálogos de alguns fornecedores portugueses de guardas de segurança semi-flexíveis, foi possível fazer uma análise de alguns dos modelos de guardas produzidos em Portugal, que se encontram homologados de acordo com a EN 1317. No Quadro 4.2 encontram-se alguns exemplos desses dispositivos.

Quadro 4.2 – Exemplos de guardas de segurança semi-flexíveis fabricadas em Portugal

Tipo de guarda de segurança	Figura elucidativa ⁽¹⁾	Nível de contenção	Afastamento entre prumos	Homologação
Simple com perfil ómega (plena via)	 <p>Nota: dispõe de DPM⁽²⁾</p>	N2	2,0 metros ou 4,0 metros	EN 1317 Partes 1 e 2
Dupla com perfil ómega (plena via)	 <p>Nota: dispõe de DPM⁽²⁾</p>	N2	2,0 metros ou 4,0 metros	EN 1317 Partes 1 e 2
Simple com perfil ómega (obras-de-arte)		N2	2,0 metros	EN 1317 Partes 1 e 2
Duplas com perfil ómega (obras-de-arte)		N2	2,0 metros	EN 1317 Partes 1 e 2
BN4 ⁽³⁾ (obras-de-arte)		H2	2,5 metros	EN 1317 Partes 1 e 2

⁽¹⁾ As imagens foram retiradas do catálogo do fabricante [35]

⁽²⁾ DPM – Dispositivo de proteção para motociclistas

⁽³⁾ BN4 – Barreira Normal com vigas de 4,0 metros

É de notar, que a grande maioria dos dispositivos fabricados em Portugal têm um nível de contenção N2. De acordo com a informação constante do quadro anterior, as guardas de segurança simples com perfil ómega podem ser utilizadas em plena via ou em obras-de-arte, diferindo apenas no afastamento entre prumos e no tipo de ancoragem ao solo. Existem também as guardas de segurança duplas, que de igual forma podem ser utilizadas em plena via ou em obras-de-arte, diferindo igualmente no afastamento entre

prumos e no tipo de ancoragem. Refere-se, ainda, a existência de uma guarda de segurança dupla com perfil U, que também, segundo os catálogos, pode ser utilizada em obras-de-arte, mas não especificando o seu nível de contenção (ver Figura 4.11).



Figura 4.11 – Guarda de segurança dupla com perfil U em obra-de-arte

Como exemplos de níveis de contenção mais elevados (do tipo H2), adequados à contenção de veículos pesados, a guarda de segurança BN4 constitui uma opção apresentada nos catálogos. Este dispositivo é utilizado em obras-de-arte em locais onde se verifica perigo acrescido, como por exemplo, em passagens superiores a linhas férreas ou autoestradas, entre outros. Para além da BN4, existe um outro dispositivo também utilizado em obras-de-arte, a guarda de segurança BHO (ver Figura 4.12), que de acordo com os catálogos deste dispositivo não é possível referir qual o nível de contenção, apenas é recomendada a sua utilização em situações de risco acrescido.



Figura 4.12 – Guarda de segurança tipo BHO, catálogo fabricante [34]

De acordo com os dados anteriormente apresentados sobre a rede viária de gestão direta do IP (ver Figura 4.1), as guardas de segurança semi-flexíveis representam um total de 91,8%, dos dispositivos utilizados na retenção e redirecionamento de veículos descontrolados. Destes dispositivos apenas 66,7% está protegida com DPM, como se pode observar no Quadro 4.3 onde são apresentados os comprimentos, com e sem DPM, das guardas de segurança semi-flexíveis presentes na rede de gestão direta do IP.

Quadro 4.3 – Ativos relativos a guardas de segurança na rede do IP, adaptado de Nabais [33]

Tipo de barreira	Comprimento sem DPM [m]	Comprimento com DPM [m]	Total [m]
Viga dupla OA ⁽¹⁾	52.278	4.711	56.989
BHO ⁽²⁾	361	3.531	3.892
Outro perfil	103.222	1.320	104.542
Viga ómega lancil OA ⁽¹⁾	6.390	75	6.465
Viga ómega OA ⁽¹⁾	43.938	9.952	53.891
Mista (rev. a madeira)	1.888	-	1.888
Viga ómega dupla P2M ⁽³⁾	16.296	7.473	23.770
Viga ómega dupla P4M ⁽⁴⁾	18.710	8.693	27.404
Viga ómega simples P2M ⁽³⁾	94.302	68.188	162.490
Viga ómega simples P4M ⁽⁴⁾	2.811.372	1.468.351	4.279.723
Total Geral [m]	3.148.758	1.572.295	4.721.053

⁽¹⁾ OA – dispositivo localizado em obra-de-arte

⁽²⁾ BHO - *Barrière Hors Ouvrage*

⁽³⁾ P2M – afastamento entre prumos de 2,0 metros

⁽⁴⁾ P4M – afastamento entre prumos de 4,0 metros

Segundo os dados do quadro anterior, na plena via os tipos de dispositivos mais utilizados são as guardas de segurança com viga ómega simples, com os prumos afastados de 2,0 em 2,0 metros ou de 4,0 em 4,0 metros, e a viga ómega dupla, também com os prumos afastados de 2,0 ou 4,0 metros, dependendo da situação em que se encontra aplicada e o nível de contenção requerido.

Normalmente, nas obras-de-arte, a situação mais comum é a utilização de guardas de segurança duplas com vigas em perfil U. Mas também podem-se verificar situações de continuidade da viga simples, em perfil ómega, da plena via para a obra-de-arte.

Ainda de acordo com os mesmos dados, existem implementadas, embora em reduzida quantidade, guardas de segurança semi-flexíveis mistas, que são guardas metálicas revestidas com madeira, como se apresenta no exemplo da Figura 4.13.



Figura 4.13 – Guarda de segurança mista, catálogo fabricante [36]



Este revestimento em madeira não trás um acréscimo na contenção, apenas é aplicado por questões estéticas de integração paisagística, sendo geralmente utilizado em zonas de floresta com vegetação abundante como é caso dos parques naturais, parques eólicos, estradas de montanha e caminhos rurais.

4.2. OBJETOS EXISTENTES NA AAFR

No âmbito do projeto europeu RISER [22] constatou-se que na maioria dos países da UE, as estradas com uma velocidade de circulação de 100 km/h, têm larguras para a zona livre compreendidas entre os 6,0 e 10,0 metros. Esta largura varia de forma diretamente proporcional à velocidade praticada, ou seja, para velocidades de 80 km/h a largura da zona livre pode situar-se entre os 4,5 e 7,0 metros. Neste mesmo estudo, observou-se que Portugal era o único país com uma zona livre inferior a 4,0 metros, para estradas com velocidades de circulação de 100 km/h.

De acordo com o documento base do InIR sobre a AAFR [13], os princípios para o dimensionamento adequado da zona livre são os seguintes:

- *A mitigação das consequências de um despiste;*
- *A conceção de uma AAFR cuja largura permita que a maioria dos veículos que saem da estrada não saia da zona livre;*
- *A existência de taludes que não causem o capotamento (taludes com inclinação superior 1V:3H não devem ser considerados como parte integrante da zona livre, pelo que se preconiza a sua proteção com barreira de segurança sempre que a altura do talude de aterro seja superior a 3,0 metros);*
- *A não existência de obstáculos perigosos sem proteção para os ocupantes de um veículo descontrolado.*

Desta forma, e de acordo com o documento anteriormente referido, atualmente, para as estradas da RRN, são consideradas as larguras relativas à zona livre de obstáculos indicadas no Quadro 4.4:

Quadro 4.4 – Largura da zona livre de obstáculos, InIR [13]

Tipo de estrada	Limite de velocidade [km/h]	Largura [m]
Estradas rurais	50	2,5
Estradas rurais	90	8
Estradas de faixa de rodagem única	100	10
Estradas de dupla faixa de rodagem	100	10
Estradas de dupla faixa de rodagem	120	13



De acordo com os resultados do projeto europeu RISER, os obstáculos pontuais presentes na AAFR mais importantes são objetos estritos, como as árvores e os postes. É da maior importância que as dimensões da zona livre sejam escrupulosamente respeitadas e que todas as árvores ou postes sejam removidos desta zona (InIR, 2011) [13]. Na impossibilidade de remoção do obstáculo, a utilização de suportes frágeis poderia ser uma alternativa, pois são concebidos para cederem ao impacto, evitando desacelerações bruscas no veículo. Se nenhuma das opções anteriores forem possíveis de serem concretizadas, é necessário então utilizar-se uma guarda de segurança, para a proteção do obstáculo.

As conclusões obtidas a partir do projeto RISER [22] levaram à caracterização dos vários obstáculos que podem ser encontrados na AAFR e identificadas as respetivas velocidades de embate consideradas perigosas. Estas velocidades foram obtidas através da reconstituição de acidentes e refere-se à velocidade mínima a que um obstáculo perigoso pode ser embatido para causar ferimentos graves nos ocupantes do veículo.

Estes obstáculos estão divididos em dois grupos, de acordo com a sua dimensão, e podem ser obstáculos pontuais ou obstáculos lineares. Os obstáculos pontuais têm uma pequena área e podem ser considerados naturais, como é o exemplo das árvores, ou artificiais quando construídos pelo homem (colunas de sinalização, postes de eletricidade e telefone, etc.). Os obstáculos lineares abrangem uma maior área e requerem maiores custos de intervenção para a sua proteção, como é o exemplo das valetas e dos taludes.

No caso dos Estados Unidos da América (EUA), os suportes das colunas de sinalização e de iluminação na sua maioria são concebidos para cederem em caso de impacto, de forma a não causarem ferimentos nos ocupantes do veículo descontrolado (InIR, 2011) [13]. Em Portugal, o mesmo já não acontece, o caderno de encargos relativo aos equipamentos de sinalização e segurança rodoviária da EP [14], não aponta como obrigatória a utilização de suportes que cedam facilmente ao embate. Apenas refere que os postes a utilizar nas colunas de sinalização vertical, de pequena e média dimensão, são constituídos por chapa de aço laminado, e no caso dos sinais de maior dimensão usam-se perfis laminados do tipo I normal (INP).

Atualmente, as redes elétricas e de telecomunicações encontram-se instaladas em canais próprios enterrados (canais técnicos), evitando-se a utilização de postes, isto no caso das autoestradas e estradas mais recentes. Mas em muitas estradas nacionais e municipais ainda persiste a utilização de postes. Nestes casos deve-se optar pela redução do número de postes ao longo da via, reduzindo assim a possibilidade de frequência dos acidentes, o que não corresponde à redução da gravidade dos acidentes. Ou então, em zonas mais críticas (com maior número de acidentes) utilizar suportes frágeis para se tentar minimizar a gravidade do acidente.

Um outro obstáculo pontual são os postos de S.O.S. que se encontram ao longo da via. De acordo com a norma da AAFR do InIR [13], que descreve uma situação presente no *Highway Design Guide* (1995)



do SETRA, em França as cabinas telefónicas não representam um obstáculo perigoso, não sendo necessária a utilização de guardas de segurança, pois são concebidas para em caso de acidente cederem sem causar riscos para os ocupantes dos veículos.

Já em Portugal, de acordo com os desenhos tipo da Junta Autónoma de Estradas (JAE)⁽¹⁾, *as cabinas telefónicas têm que ser colocadas a uma distância de 1,20 metros do limite exterior da berma. É ainda recomendada a colocação de uma barreira de segurança exatamente no limite exterior da berma, com uma extensão mínima de 120,0 metros (60,0 metros a jusante e 60,0 metros a montante do posto S.O.S.) no caso de estradas com uma faixa de rodagem ou 60,0 metros (na totalidade a montante do posto) no caso de estradas com dupla faixa de rodagem. De referir que junto aos postos S.O.S. existe sempre uma abertura na barreira de segurança (Figura 4.14). Neste caso, o desempenho das barreiras nesta zona é insatisfatório (InIR, 2011) [13].*



Figura 4.14 - Exemplo de posto S.O.S. localizado no limite da berma direita

No caso dos obstáculos lineares, as próprias guardas de segurança podem apresentar perigo para os veículos descontrolados, por diversas situações, uma delas é o facto de a guarda de segurança estar preparada apenas para embates laterais e não frontais. Outros fatores que podem também levar a que o dispositivo apresente perigo para o condutor, é a má aplicação deste, que pode levar à rotura dos seus componentes, e permitir a penetração dos mesmos no habitáculo do veículo.

Ainda na vertente dos obstáculos lineares, encontram-se as valetas que devem ser dimensionadas de forma a não colocarem em causa a segurança rodoviária e cumprirem a função hidráulica. Existem ainda as barreiras acústicas que devem ser colocadas por forma a não apresentarem perigo para os utentes da via. E por fim, há que ter especial atenção aos taludes, pois a sua inclinação e altura devem de estar de acordo com a normalização portuguesa existente para o efeito, caso contrário é necessária a utilização de guardas de segurança para se evitar o capotamento de veículos.

⁽¹⁾ JAE (1996). Postos S.O.S. – Desenhos Tipo, Junta Autónoma de Estradas, Almada.

4.3. PROBLEMAS IDENTIFICADOS NA APLICAÇÃO DAS GUARDAS DE SEGURANÇA

Com o objetivo de se tentar perceber quais os principais problemas existentes na rede nacional de estradas, ao nível da aplicação de dispositivos de retenção lateral, procedeu-se a uma vasta observação na área da Grande Lisboa, especialmente em autoestradas e acessos a estas.

Da observação realizada, e do estudo da documentação já anteriormente referida, é possível concluir que os problemas mais comuns encontrados são os seguintes:

- Distância entre a guarda de segurança e o obstáculo inferior à largura útil;
- Adoção de guardas de segurança para veículos ligeiros, desprezando o perigo que os obstáculos existentes representam para os veículos pesados;
- Comprimento útil insuficiente para proteção dos obstáculos, encontrando-se algumas vezes o obstáculo junto ao terminal;
- Terminais e transições inadequadas;
- Reforço dos prumos desajustado da localização dos obstáculos.

Desta observação realizada, foi possível perceber que ao longo dos anos, tem existido uma evolução nos critérios de aplicação dos dispositivos de retenção lateral. As vias mais recentes apresentam, normalmente, menos problemas que as vias mais antigas, tendo-se notado um cuidado na aplicação dos dispositivos. No entanto, mesmo em projetos mais recentes, verificam-se situações que podem gerar perigo para os veículos descontrolados.

Na Figura 4.15 são mostrados exemplos de guardas de segurança semi-flexíveis que não têm o comprimento mínimo desejável, sendo a sua dimensão insuficiente para se deformar e proteger corretamente o obstáculo.



Figura 4.15 – Dispositivo com comprimento insuficiente para proteção do obstáculo

Para que a guarda de segurança funcione corretamente é necessário que esta tenha extensão suficiente de modo a que se deforme adequadamente, só assim é que ela consegue ter o nível de contenção

requerido. O comprimento da guarda deve variar conforme o tipo de obstáculo a proteger, se é pontual ou linear.

A desadequada altura da viga ao solo também foi uma outra situação detetada, como se pode observar nos exemplos da Figura 4.16, onde temos duas situações após um reperfilamento do pavimento, em que apenas numa parte do troço foi efetuado o ajuste da altura da viga.



Figura 4.16 – Altura insuficiente entre a viga e solo

A altura da viga deve ser constante ao longo de todo o desenvolvimento da guarda de segurança, para garantir que o embate se dá ao nível do para-choques. Após um reperfilamento ou uma recarga do pavimento, deve sempre ser ajustada a altura da viga.

Um dos problemas mais comuns é a falta de espaço, entre a guarda de segurança e o obstáculo, para em caso de embate esta poder deformar-se e absorver a energia do choque. Na Figura 4.17 encontram-se retratadas situações de insuficiência de largura útil.



Figura 4.17 – Proteção de obstáculos com largura útil insuficiente

A situação anterior leva a que o veículo acabe por colidir com o obstáculo, agravando as consequências do acidente. Esta situação é ainda mais grave, quando o obstáculo é o pilar de uma PS, pois um eventual embate poderá colocar em risco a estrutura, para além do perigo que representa para terceiros.

Os taludes íngremes podem ser perigosos para veículos descontrolados, pois podem despistar-se e capotar, aumentando assim significativamente a gravidade do acidente. Foram detetadas situações de falta de conformidade na aplicação da guarda de segurança no limite da berma direita junto a taludes com grandes desníveis e inclinações elevadas. Na Figura 4.18 são dados dois exemplos, para situações semelhantes, na presença de taludes perigosos a adoção de critérios diferentes para o afastamento entre prumos, estando numa situação afastados de 2,0 em 2,0 metros e na outra de 4,0 em 4,0 metros.



Figura 4.18 – Falta de critério no afastamento entre prumos perante talude íngreme

Um outro problema identificado refere-se à transição entre dispositivos de retenção diferentes. Em Portugal, existe uma carência do número de acessórios disponíveis, que permitam realizar uma transição adequada entre diferentes tipos de guardas. Estas transições acabam por não garantir resistência estrutural suficiente para resistir a um embate. Como se pode observar na Figura 4.19 a guarda de segurança simples aplicada na plena via com viga ómega liga a uma guarda de segurança na obra-de-arte com viga dupla de perfil U.



Figura 4.19 – Transições irregulares entre guardas de segurança diferentes

Esta falta de critério na transição entre guardas de segurança pode ser também facilmente observado nas ligações entre as vigas simples e as barreiras *New Jersey*, como se pode observar na Figura 4.20. No primeiro caso é feito o prolongamento da viga por forma a uniformizar a resposta dos dispositivos em caso de embate, e no segundo caso, a ligação é efetuada nas extremidades das duas guardas.



Figura 4.20 – Falta de critério nas transições entre guardas semi-flexíveis e rígidas

Este problema entre transições e ligações entre diferentes dispositivos é muito comum, levando muitas vezes a que simplesmente não exista uma ligação entre os dispositivos, como se pode observar na Figura 4.21, em que o terminal da guarda de segurança e o muro da PS não se encontram ligados, existindo um curto espaço entre ambos. Esta falta de continuidade entre dispositivos pode gerar situações de muito perigo.



Figura 4.21 – Ligação inexistente entre o dispositivo e o muro de contenção

Ainda na figura anterior pode ser detetado um outro problema, o terminal da guarda de segurança encontra-se em cauda de carpa no sentido do tráfego, podendo levar a que em caso de embate o dispositivo penetre no habitáculo do veículo.

Verificaram-se, ainda, casos de descontinuidade no tipo de guarda, que representam perigo para os veículos devido à variação brusca da resposta estrutural por parte do dispositivo (ver Figura 4.22).



Figura 4.22 – Descontinuidade do tipo de guarda de segurança



A situação apresentada anteriormente deve ser evitada, pois para além da falta de uniformidade do nível de contenção, as zonas de ligação entre dispositivos, caso não estejam bem executadas, podem ser muito perigosas em caso de embate.

Na Figura 4.23 é possível observar a interrupção da guarda de segurança para assegurar um acesso a um terreno na AAFR de uma autoestrada, algo que não deveria acontecer.



Figura 4.23 – Interrupção desnecessária de guarda de segurança

A interrupção desnecessária de uma guarda de segurança deve ser evitada, pois o facto de existirem duas guardas de segurança consecutivas, com um espaçamento curto entre estas, aumenta a probabilidade de acidente e colisão com o terminal da guarda.

Os requisitos para a proteção de um veículo ligeiro diferem dos de proteção de um veículo pesado, ou seja, para se proteger um veículo pesado é necessário um dispositivo de retenção com maior nível de contenção, capaz de resistir a maiores esforços. Os dispositivos para retenção de veículos pesados devem ser utilizados sempre que os obstáculos se revelem perigosos para estes. É o caso de viadutos com uma grande altura e/ou que se encontrem junto a vias férreas, estradas com grandes volumes de tráfego, zona habitacionais, etc. Na situação exposta na Figura 4.24, pode ser observada a transposição de uma estrada nacional através de um viaduto em secção corrente de uma autoestrada, que vence um grande desnível, onde o nível de contenção está desajustado face ao perigo apresentado, principalmente para os veículos pesados que exigem uma contenção mais elevada.



Figura 4.24 – Desajuste do nível de contenção face ao perigo em viaduto

As obras-de-arte são zonas que requerem especial atenção no que toca à sua proteção com recurso a guardas de segurança. Na Figura 4.25 é possível observar que para o mesmo troço de via são utilizados dois critérios diferentes para o mesmo tipo de proteção. No primeiro caso verifica-se o prolongamento da guarda de segurança da plena via, e no segundo caso é utilizada na obra-de-arte uma guarda (com um nível de contenção superior) diferente da utilizada na plena via.



Figura 4.25 – Diferentes critérios na utilização de guardas em obras-de-arte

Detetaram-se, também, situações de falta de uniformidade de critério na aplicação dos dispositivos de segurança, para obstáculos da mesma natureza, como se pode observar nos exemplos da Figura 4.26, onde num caso utiliza-se uma viga dupla, com recurso a reforço ao longo da extensão do obstáculo, e no outro caso utiliza-se apenas uma viga simples.



Figura 4.26 – Falta de uniformidade na proteção de obstáculos

Ainda no âmbito da proteção de obstáculos presentes na AAFR, para além da falta de critério na escolha do nível de contenção da proteção, existe também uma falta de uniformidade na opção de utilização de sistemas de retenção para o mesmo tipo de obstáculos.

Persistem, ainda, situações de falta de proteção de obstáculos existentes na AAFR como se pode observar nos exemplos da Figura 4.27.



Figura 4.27 – Obstáculos não protegidos na AAFR

O embate com estes obstáculos a velocidades elevadas pode traduzir-se em acidentes graves, ou até mesmo fatais. No caso dos taludes de aterro, com declives acentuados, pode levar ao capotamento da viatura aumentando a gravidade do acidente.

Existem situações de perigo que muitas vezes passam despercebidas, como é o caso da situação apresentada na Figura 4.28.



Figura 4.28 – Perigo de invasão da AAFR por detrás da guarda de segurança

Nesta situação a guarda de segurança encontra-se enterrada no solo num local onde a AAFR é plana, sendo assim propício, em caso de despiste, o veículo invadir a AAFR e deslocar-se por detrás da guarda de segurança atingindo a árvore, que deveria estar protegida por este dispositivo.

4.4. RESUMO

O desenvolvimento socioeconómico levou ao aumento da taxa de motorização, que naturalmente impulsionou o crescimento da rede viária nacional nas últimas três décadas. Atualmente o IP (ex-EP) é responsável por 85% da RRN, dos quais 89% são de gestão direta do próprio IP e 11% são subconcessionados. Na rede de gestão direta 91,8% dos dispositivos de retenção utilizados são guardas de segurança semi-flexíveis, daí a importância do seu estudo.



As guardas de segurança podem ser de três tipos: permanentes, temporárias (utilizadas em obras) e amovíveis (utilizadas nas passagens de emergência). O nível de contenção destas varia em função de um conjunto de fatores, como o tipo de material com que é constituído o sistema e a ancoragem deste ao solo e as velocidades praticadas. Tanto na UE como em Portugal, os dispositivos mais utilizados têm níveis de retenção N2 e H2. O nível N2 é um nível de contenção normal, adequado a veículos ligeiros e o H2 é um nível de contenção mais elevado para veículos pesados.

O projeto europeu RISER teve como intuito analisar a AAFR e classificar os obstáculos (pontuais ou lineares), de acordo com os perigos que estes apresentam em função da velocidade de embate. Com esta classificação torna-se mais fácil saber qual o nível de contenção que deve ser utilizado para proteção desses obstáculos.

Tendo por objetivo a identificação dos problemas existentes na instalação de guardas de segurança semi-flexíveis, foram analisadas algumas situações presentes em autoestradas na área da Grande Lisboa e propostos critérios de aplicação para os dispositivos de retenção lateral





5. CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE RETENÇÃO LATERAL

A utilização de dispositivos de retenção é essencial para a proteção dos ocupantes dos veículos, quando não é possível remover ou neutralizar um obstáculo. Embora os dispositivos de segurança sejam utilizados como uma solução de recurso, acabam por ser usuais nas vias de comunicação nacionais, passando muitas vezes despercebidos aos olhos do condutor.

Como já referido anteriormente, as guardas de segurança semi-flexíveis são os dispositivos mais comuns na RRN. A necessidade de instalação destas, de acordo com o documento dos SRR do InIR [7], é determinada a partir de um conjunto de características que qualificam a envolvente rodoviária e a infraestrutura em causa, estas são: a velocidade média do tráfego, largura do separador central, a altura e inclinação dos taludes laterais, tipo de berma e o tipo de ocupação da AAFR.

Após definida a necessidade de utilização de um dispositivo de retenção lateral é necessário proceder-se ao dimensionamento da sua extensão e posteriormente definir as condições de aplicação destes. O dimensionamento da extensão da guarda de segurança semi-flexível baseia-se na definição do comprimento necessário para uma determinada situação, tendo em consideração o obstáculo a proteger e o tipo de via. Este comprimento de guarda de segurança deverá ser suficiente para garantir o seu desempenho, sem colocar em causa a segurança dos utentes da via.

A aplicação das guardas de segurança deve ser realizada de forma criteriosa de modo a garantir o seu correto desempenho. Numa primeira fase, deve assegurar-se a absorção da energia de embate, por intermédio do amortecedor, que faz a ligação entre a viga e o prumo. Numa segunda fase, a restante energia é absorvida através da deformação dos prumos e da viga. Isto revela a importância da rigidez do sistema, que varia com o nível de contenção do dispositivo. O nível de contenção deve ser escolhido de acordo com o obstáculo/área a proteger, tendo sempre em consideração que o dispositivo deve, em todos os casos, assegurar a capacidade de retenção do veículo e não provocar desacelerações bruscas nos ocupantes, devido à sua excessiva rigidez. Contudo, o impacto e a resposta do dispositivo são sempre díspares, pois os veículos diferem em massa, forma e rigidez.

No que concerne aos critérios de seleção das guardas de segurança semi-flexíveis, o InIR no documento referente aos SRR [7] estabelece três critérios fundamentais, entre eles encontra-se a necessidade de colocação, que depende das situações supramencionadas. A escolha do nível de retenção é o segundo critério, e por fim, a determinação do comprimento da guarda de segurança necessário, que é dependente do tipo de obstáculo, pontual ou linear.

Com base nos vários documentos analisados, e confrontando as normas portuguesas com as francesas, foi possível estabelecer-se um conjunto de propostas de critérios de aplicação que visam colmatar os problemas encontrados, relativos à aplicação dos dispositivos de retenção lateral.



5.1. SELEÇÃO DO TIPO DE GUARDA DE SEGURANÇA

Muitas vezes as guardas de segurança passam despercebidas aos condutores, especialmente nos trajetos diários, mas a sua presença é fundamental para evitar, em caso de despiste, o embate do veículo com obstáculos existentes na AAFR. Mas só a presença de uma guarda de segurança não garante o sucesso da retenção do veículo, é necessário escolher o tipo e o nível de contenção adequado a cada situação, para se garantir que são cumpridos os requisitos exigidos pelo local.

Assim, torna-se necessário proceder-se à avaliação de uma série de critérios, para se selecionar o tipo de guarda de segurança a utilizar. Um fator importante, e que deve ser tido em consideração, é o Tráfego Médio Diário Anual (TMDA), pois quanto maior o número de veículos a circular, maior será a probabilidade de ocorrência de acidentes. Do volume total de veículos que circulam na estrada em estudo deverá efetuar-se também uma análise do volume referente aos veículos pesados – TMDA(VP). É com base no valor de veículos pesados que se avalia a necessidade ou não de colocação de dispositivos para veículos pesados.

Em Portugal, a metodologia recomendada pelo InIR, no documento referente aos SRR [7], para a seleção de sistemas de segurança rodoviária, contém quatro passos:

- *Identificação dos obstáculos perigosos que devem ser considerados. Este passo é determinante na avaliação da necessidade de instalação de um sistema de retenção e na definição da sua tipologia, nomeadamente na distinção entre a proteção de um perigo pontual ou linear;*
- *Determinação do nível de retenção do sistema;*
- *Determinação da largura útil do sistema, através da localização transversal dos obstáculos perigosos;*
- *Determinação do comprimento do sistema com base nas dimensões do obstáculo perigoso.*

A preocupação com a integração das infraestruturas com a sua envolvente tem vindo a crescer, recorrendo-se, por vezes, à utilização de guardas de segurança semi-flexíveis mistas (ver Capítulo 4.1). Mas nestes casos, a estética nunca deve colocar em causa o desempenho do dispositivo de retenção.

5.1.1. NECESSIDADE DE INSTALAÇÃO

Sempre que não estejam estabelecidas as condições ideais para a conceção de uma AAFR tolerante é necessário recorrer-se a soluções alternativas. Como já tem vindo a ser referido, numa primeira fase é fundamental a correta identificação do obstáculo e do perigo que este representa para um veículo que lhe possa embater. Após a identificação do obstáculo, tornou-se necessário quantificar as suas dimensões, definindo-o como pontual ou linear. Consoante o tipo de obstáculo, pode proceder-se à sua remoção ou proteção através de dispositivos de retenção.



Existem situações que exigem especial cuidado, como é o caso das vias férreas, dos edifícios sociais (escolas, centros de saúde, hospitais, etc.) e armazéns de mercadorias perigosas, que muitas vezes se encontram nas imediações das estradas, sendo suscetíveis de embates. Nestes casos, uma eventual colisão com as estruturas anteriormente referidas, pode acarretar danos graves para terceiros, existindo perigo acrescido nas colisões com armazéns de mercadorias perigosas.

O primeiro estudo a ser realizado é a distância a que se encontra o obstáculo da faixa de rodagem. Esta distância é essencial para a escolha do dispositivo de segurança a adotar. Para além da distância obstáculo-faixa de rodagem, é necessário conhecer as consequências que podem advir de um possível embate entre o veículo e o referido obstáculo.

De uma maneira geral os contratos de concessão entre o Estado Português e as concessionárias, referidos no Capítulo 2.4, referem a necessidade de instalação de guardas de segurança no limite da plataforma, junto aos taludes de aterro de altura superior a 3,0 metros, no separador central e junto a outros obstáculos que se possam considerar perigosos e que se encontrem próximos da plataforma.

Por outro lado, a Norma de Traçado da JAE [12], refere que se devem utilizar guardas de segurança, a fim de se evitar a colisão com obstáculos que se encontrem a menos de 3,5 metros do limite da berma, e no caso dos taludes de aterro tenham uma inclinação superior a 1/1,5 e uma altura superior a 3,0 metros.

Nesta mesma norma, é ainda referido que sempre que existam cursos de água, vias férreas ou outras estradas situadas a menos de 10,0 metros, devem utilizar-se obrigatoriamente guardas de segurança. Na Figura 5.1 encontra-se um diagrama para determinar a necessidade de uso de guardas de segurança, relacionando a inclinação e a altura do talude de aterro, com as características do traçado e com as condições climáticas. O referido diagrama, estabelece a aplicação de guardas de segurança em taludes de aterro, sempre que se verifiquem as seguintes situações entre o Tráfego Médio Diário (TMD) e o Índice da Necessidade de Guardas de Segurança (IS):

- $TMD \leq 2.000$ e $IS \geq 70$;
- $TMD > 2.000$ e $IS \geq 50$.

Tendo como dados conhecidos a altura do talude, a largura da berma, o desenvolvimento do terreno, o traçado em planta e perfil longitudinal e as condições climáticas da zona é possível definir o índice de necessidade de instalação de guardas de segurança, de acordo com o diagrama anterior. Ou seja, com o conhecimento geral das características da infraestrutura é possível obter o IS, que posteriormente associado ao TMD possibilita a avaliação da necessidade de utilização de guardas de segurança.

Reconhecendo a importância da proteção de terceiros e o facto destes, geralmente, sofrerem efeitos particularmente graves resultantes de acidentes envolvendo veículos descontrolados, definiram-se duas distâncias críticas abaixo das quais é necessária a instalação de barreiras de segurança. A distância **AV** é aplicável a áreas vulneráveis que necessitam de proteção especial (níveis 1 e 2), e a distância **OP** é aplicável aos obstáculos perigosos (níveis de risco 3 e 4). As distâncias **AV** e **OP** dependem do limite de velocidade local e da altura do talude (com sinal positivo para taludes de escavação e negativo para taludes de aterro). Os níveis de risco 1, 2, 3 e 4 correspondem, respetivamente, a perigos especiais para terceiros, riscos para terceiros, obstáculos especiais na AAFR e perigosos para os ocupantes do veículo (InIR, 2010) [7].

Para velocidades mais baixas, iguais ou superiores a 60 km/h e não superiores a 70 km/h, utiliza-se o gráfico da Figura 5.2:

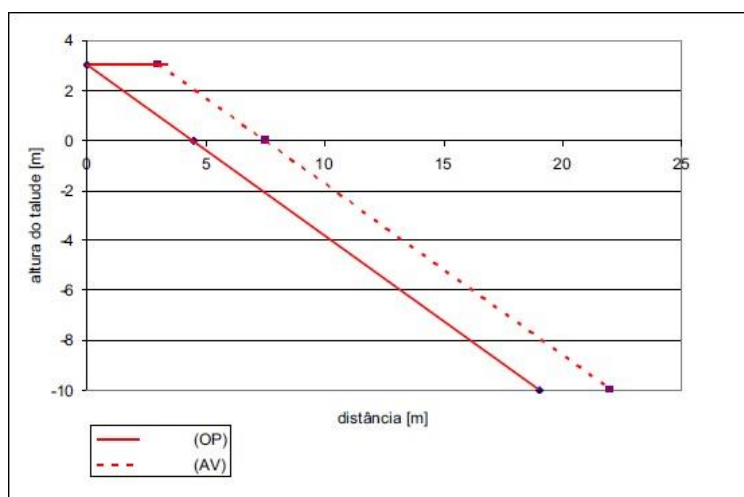


Figura 5.2 – Distância crítica: limite de velocidade entre os 60 e 70 km/h, InIR [7]

Para velocidades compreendidas entre 80 km/h e 100 km/h, é utilizado o gráfico da Figura 5.3:

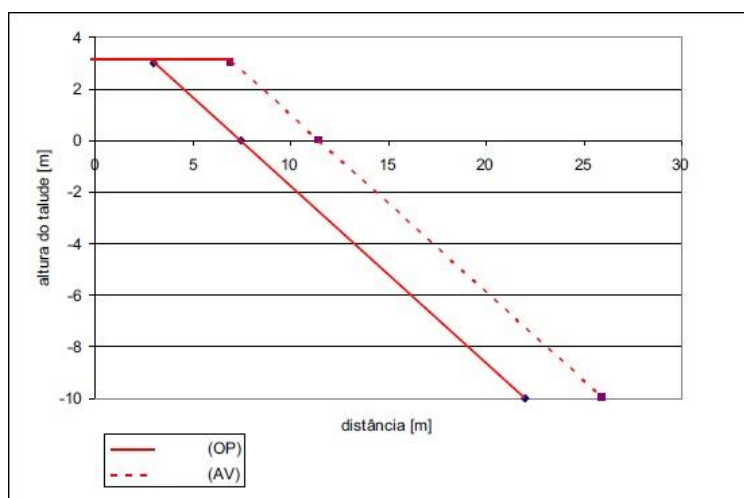


Figura 5.3 - Distância crítica: limite de velocidade entre os 80 e 100 km/h, InIR [7]

Por fim, para velocidades superiores a 100 km/h, prevê-se a utilização do gráfico da Figura 5.4:

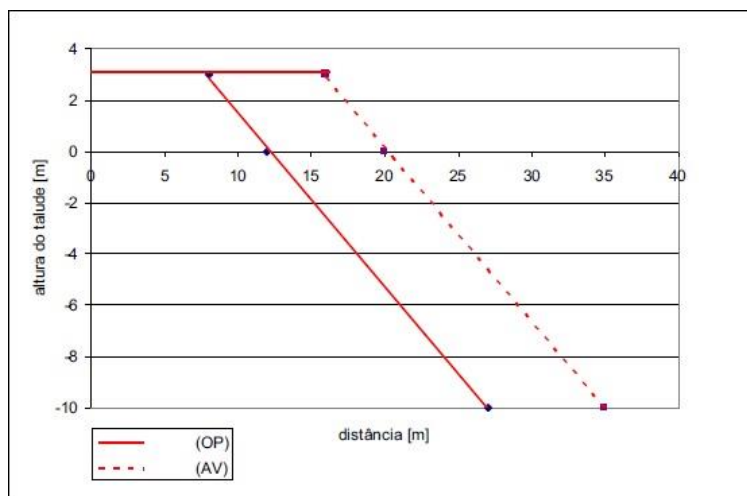


Figura 5.4 – Distância crítica: limite de velocidade superior a 100 km/h, InIR [7]

Com a informação da altura do talude é possível, através dos gráficos anteriores, conhecer as distâncias críticas que devem ser cumpridas. Caso não seja possível cumprir a distância crítica mínima, terá de se adotar dispositivos de retenção rodoviários.

5.1.2. NÍVEL DE CONTENÇÃO

Após avaliada a necessidade de colocação da guarda de segurança, de acordo com os obstáculos presentes na AAFR, é necessário definir o nível de contenção adequado. Como já referido no Capítulo 3.1, o nível de contenção depende das condições do ensaio de choque, tendo em consideração os seguintes critérios: a velocidade de colisão, o ângulo de embate e a massa total do veículo. Desta forma, quanto mais alto o nível de contenção, maior é a resistência que a guarda oferece.

Há que tentar determinar quais as consequências que podem suceder de um choque entre o veículo e o obstáculo, para se poder estabelecer o nível de contenção. O InIR [13], no documento sobre a AAFR refere os seguintes aspetos como essenciais para a escolha do nível de contenção:

- *Tipo de veículos que circulam na estrada (normalmente, a percentagem ou o Tráfego Médio Diário Anual - TMDA de veículos pesados);*
- *Categoria da estrada (autoestradas, estrada rural ou arruamento);*
- *Velocidade de circulação;*
- *Informação local que possa afetar o risco de acidente (condições climatéricas, geometria do traçado, etc.);*
- *Fatores adicionais de risco (acima identificados em termos de danos terceiros).*



Os aspetos acima referidos são meramente indicativos, não estabelecem nenhuma relação direta com o nível de contenção a utilizar. A escolha do nível de contenção deve partir de uma análise conjunta dos vários aspetos, ponderando-os e analisando a sua viabilidade económica.

Em Portugal, as normas não estabelecem níveis mínimos nem máximos de contenção, ao contrário do que acontece em vários países europeus. Por exemplo, a França, define nas suas normas, que o nível de contenção mínimo a ser utilizado é o N1 e o máximo o H4, excluindo a utilização dos níveis mais baixos (T1, T2 e T3), que apenas podem ser aplicados em situações temporárias (InIR, 2010) [7].

Nas disposições normativas do InIR relativas aos dispositivos de segurança [7] são apresentados fluxogramas (a seguir apresentados) que relacionam os obstáculos com o nível de contenção necessário para a guarda de segurança semi-flexível.

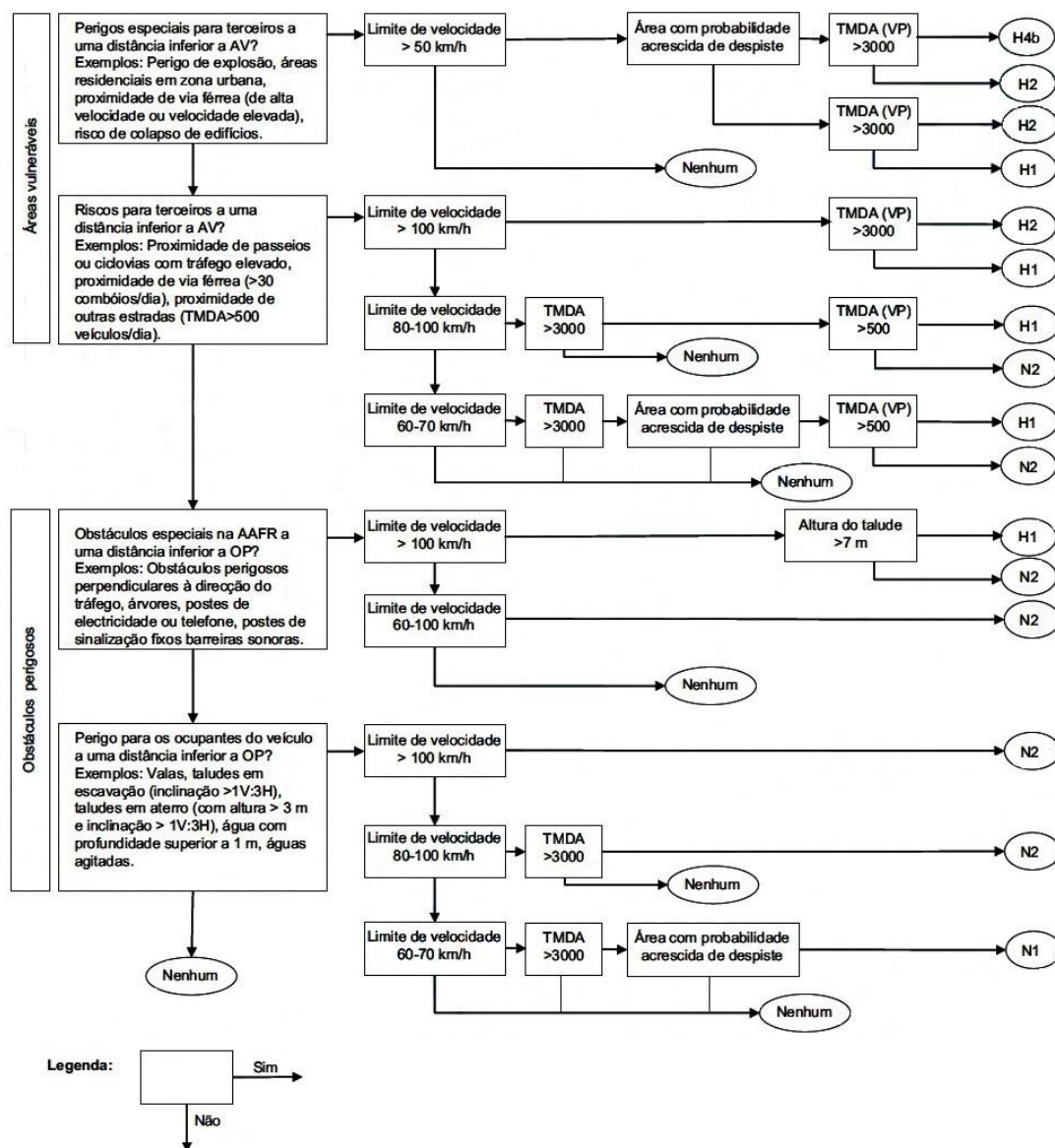


Figura 5.5 – Fluxograma 1: escolha do dispositivo para a bermã direita, InIR [7]

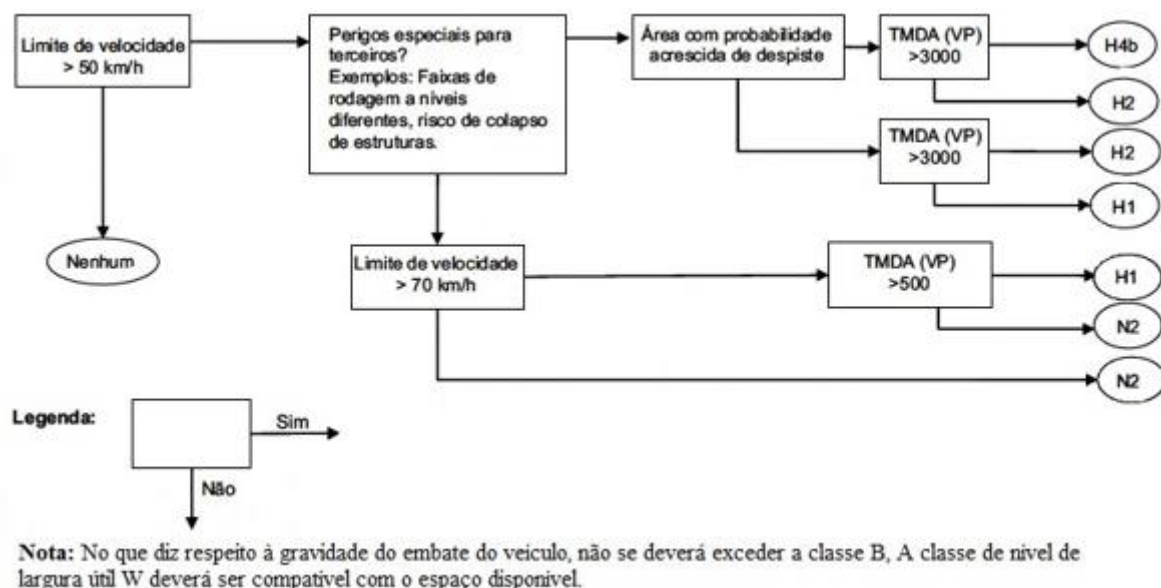


Figura 5.6 – Fluxograma 2: escolha do dispositivo para a berma esquerda, InIR [7]

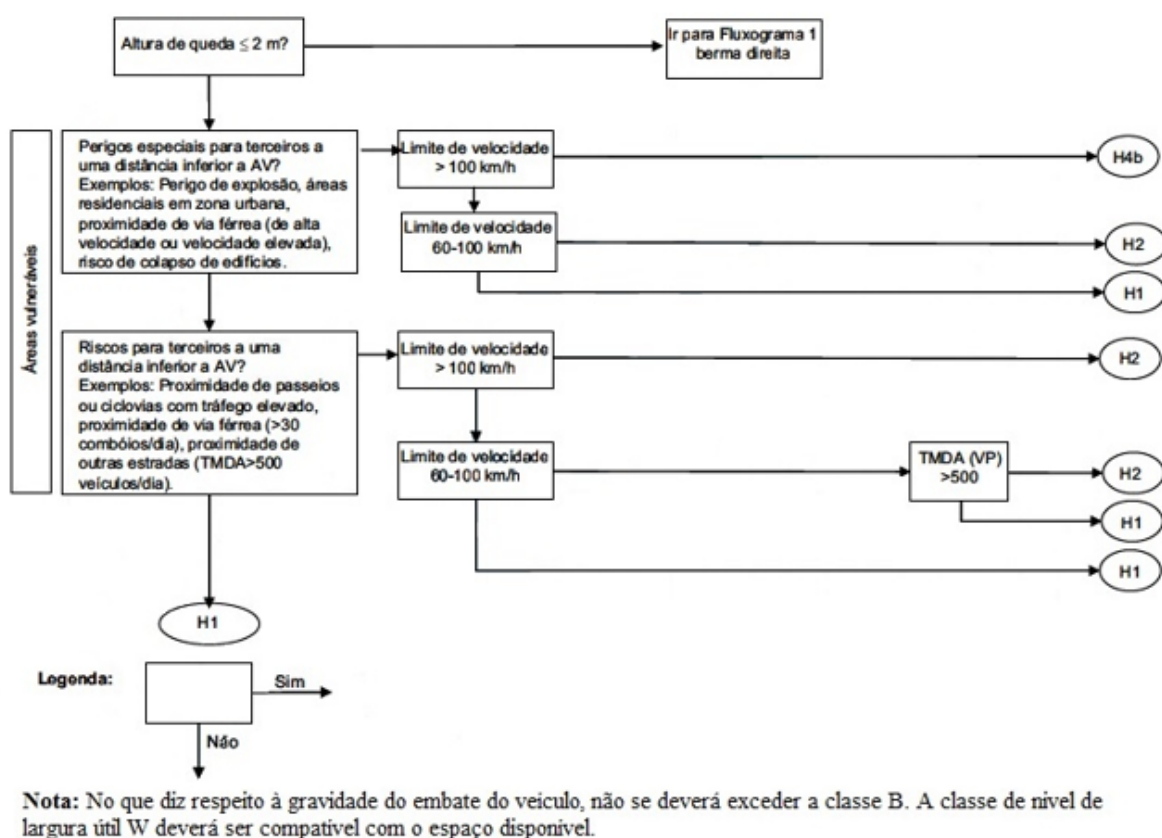


Figura 5.7 – Fluxograma 3: escolha do dispositivo para obras-de-arte (berma direita), InIR [7]

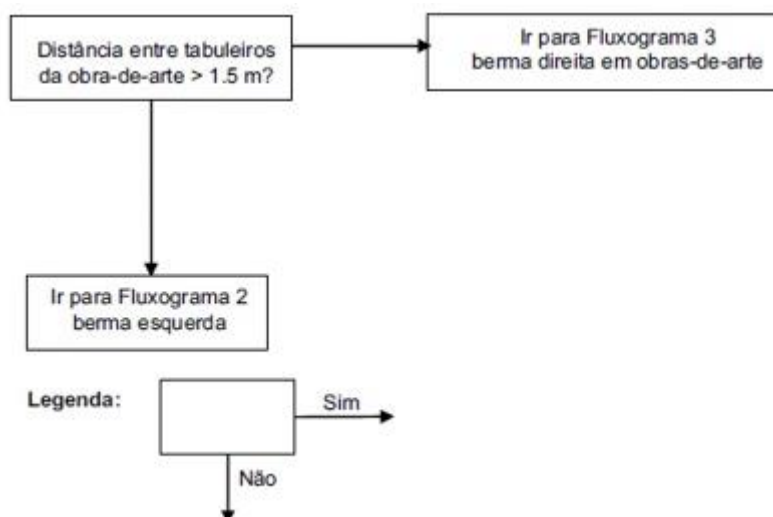


Figura 5.8 – Fluxograma 4: escolha do dispositivo para obras-de-arte (berma esquerda), InIR [7]

Estes fluxogramas diferem consoante se trate de guardas de segurança aplicadas na plena via (berma direita ou esquerda) ou em obras-de-arte (berma direita ou esquerda), tendo como base de análise o limite de velocidade, o TMDA/ TMDA(VP), a altura dos taludes e a probabilidade de despiste.

5.2. APLICAÇÃO DE GUARDAS DE SEGURANÇA

Tanto o dimensionamento do comprimento das guardas de segurança, como a aplicação destas são cruciais para o seu desempenho, pois se tivermos a guarda com o comprimento necessário, mas mal aplicada no local, o desempenho desta não irá estar de acordo com as expectativas, e vice-versa.

Desta forma, na fase de dimensionamento do comprimento útil, o projetista deve ter em consideração as características do elemento a proteger. Em termos de dimensionamento do comprimento necessário, as disposições normativas portuguesas, baseiam-se nos dados do projeto europeu RISER [22], que concebeu uma fórmula de dimensionamento, que tenta ir de encontro com as exigências dos vários países envolvidos no estudo.

Salienta-se, ainda, que na fase de projeto é muito importante que exista uma coordenação entre os projetos das várias especialidades envolvidas, isto para se garantir que existe uma ligação coesa entre todos os constituintes da infraestrutura. Deve-se dar especial atenção à ligação da plena via com as obras-de-arte, garantindo que existe uma continuidade nos dispositivos de retenção, não colocando em causa a segurança rodoviária.

Relativamente aos critérios de aplicação dos dispositivos em obra, em Portugal, estes encontram-se referenciados nos cadernos de encargos tipo obra da EP ([14], [15] e [16]), mas apenas contemplam aspetos genéricos sobre o assunto. Em termos de projeto, a informação presente nas normas portuguesas



é um pouco escassa, para se poder aprofundar estes critérios de aplicação dos dispositivos de segurança rodoviária, utiliza-se como recurso a normalização francesa do SETRA ([17] e [18]).

5.2.1. PRUMOS

Os prumos garantem a ligação entre a infraestrutura (solo ou tabuleiro) e o conjunto viga-amortecedor com a função de assegurar a resistência lateral e vertical das guardas de segurança através da sua ancoragem. Segundo o SETRA [17], a ancoragem dos prumos deve satisfazer os seguintes critérios:

- Ser de fácil implementação, e em particular, não utilizar o reforço em betão como recurso;
- Ter um bom comportamento durante o choque, sem colocar em causa o seu funcionamento;
- Não apresentar problemas para a durabilidade ou funcionalidade dos restantes componentes;
- Não colocar em causa a sustentabilidade da estrutura;
- Possibilidade de se ajustar em várias direções, de forma a permitir a adaptação da guarda de segurança para execução dos seus terminais;
- Ser facilmente reparável após acidente;
- Ter um bom comportamento às condições ambientais;
- Custo razoável.

Relativamente à ancoragem ao solo é sempre recomendável efetuar-se um ensaio ao solo, como o referido no Capítulo 3.5 do presente documento. Só assim, é possível obter-se de forma concreta, a profundidade necessária de ancoragem, a fim de se garantir o correto funcionamento do prumo. Deverá sempre se dar preferência à realização do ensaio, mas nessa impossibilidade devem seguir-se os requisitos definidos sobre o assunto na documentação existente. A ancoragem do prumo é efetuada por cravação direta no solo com recurso a um bate-estacas.

Analisando as normas francesas e o caderno de encargos da EP [14], note-se que o último é mais conservador nos valores a adotar para a ancoragem dos prumos. O SETRA [17] refere que o prumo deverá ser enterrado cerca de 1,5 metros, este valor pode ser diminuído para 1,0 metro, quando na presença de solo firme. Já no caderno de encargos da EP são referidos os seguintes aspetos:

- *1,7 m ficando a menos de meio metro da crista de aterros consolidados;*
- *1,5 m em secção corrente, compreendendo os solos que tornam necessário o emprego de perfurador.*

No que concerne às obras-de-arte, a ancoragem é efetuada por meio de fixação do prumo ao tabuleiro desta, como o exemplo da Figura 5.9.



Figura 5.9 – Prumo para fixação em obras-de-arte, catálogo fabricante [34]

Esta fixação requer a utilização de uma chapa metálica, de dimensão 250x200x14 milímetros (SETRA, 2001) [17]. Esta chapa deve ser fixada ao tabuleiro, por intermédio de parafusos.

5.2.2. AMORTECEDORES

Os amortecedores são os responsáveis por ligar os prumos às vigas, tendo como objetivo absorver a energia de impacto do veículo. Estes são ligados mediante parafusos ao prumo e à viga, garantindo assim interligação do sistema. Os amortecedores mais utilizados em Portugal encontram-se representados na Figura 4.6 e devem ser corretamente colocados de acordo com cada situação.

Na norma do SETRA, referente às condições de aplicação dos dispositivos de retenção [19], é considerada uma adaptação da guarda de segurança para obstáculos salientes que se encontrem na zona de largura útil desta, tal como indicado na Figura 5.10.

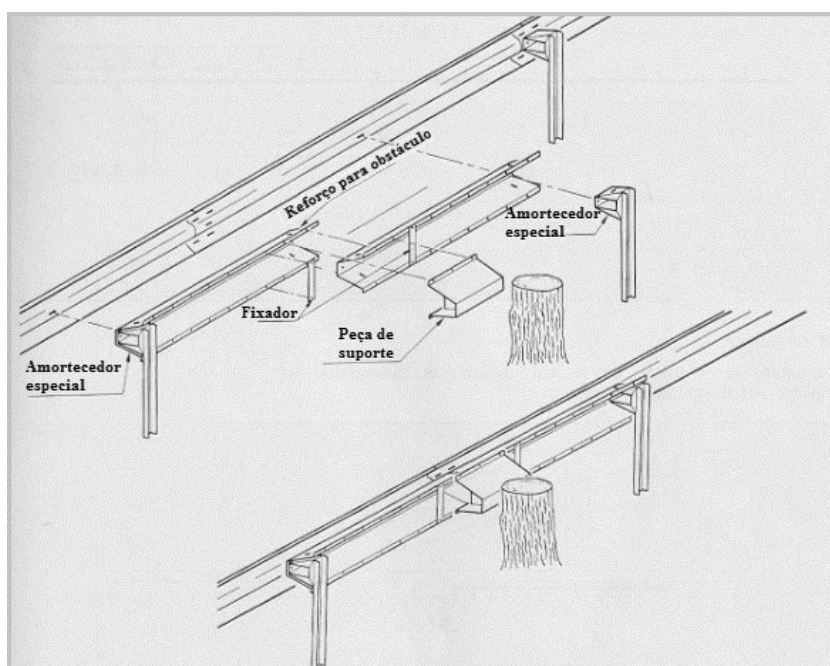


Figura 5.10 - Reforço para obstáculos presentes na zona de largura útil, SETRA [19]

Este reforço para proteção de obstáculos funciona como se fosse um amortecedor contínuo e é colocado entre os amortecedores que se encontram fixados aos prumos da guarda. Esta situação não é comum em Portugal, mas pode ser utilizada para situações em que os prumos tenham um afastamento de 4,0 metros e para situações em que os prumos se encontram afastados de 2,0 metros.

5.2.3. VIGAS

A viga é a parte da guarda de segurança que está diretamente exposta ao choque do veículo, e é esta que absorve e transmite parte da energia do embate aos restantes elementos do sistema. Para além de absorver e transmitir esforços, a viga deve redirecionar o veículo para a faixa de rodagem, impedindo-o de invadir a AAFR.

As vigas de perfil U têm uma dimensão de 4,075 metros, onde 4,0 metros são considerados úteis e o restante utilizado para ligação entre tramos. Já as vigas de perfil ómega têm uma dimensão de 4,3 metros, sendo que apenas 4,0 metros são úteis, o comprimento restante é utilizado para a sobreposição dos tramos, para garantir a continuidade da viga, como exemplificado na Figura 5.11.



Figura 5.11 – Sobreposição de duas vigas ómega

A sobreposição das vigas deve ser efetuada tendo em consideração o sentido do tráfego conforme demonstrado na figura anterior, ou seja, a extremidade final de uma viga deve sobrepor-se à extremidade inicial da viga seguinte, garantindo uma continuidade na guarda. Esta situação salvaguarda a segurança no embate de uma viatura, que de outro modo poderia originar um desmembramento desordenado das vigas e possibilitar que uma das extremidades possa penetrar na viatura colocando em perigo os seus ocupantes.

De acordo com o caderno de encargos da EP [14], a sobreposição dos elementos horizontais deverá ser garantida através de oito furos, estes deverão ser ovalizados, para se permitir as variações de comprimento derivadas da ação da temperatura. Existe ainda um outro furo central que visa realizar a ligação da viga ao amortecedor.

A altura de uma viga com perfil W é de 0,55 metros acima do solo, já as guardas duplas, a altura máxima admissível é de 1,0 metro (InIR, 2010) [7], de modo a evitar que o pneu do veículo choque diretamente com os prumos.

5.3. DIMENSIONAMENTO DO COMPRIMENTO DO DISPOSITIVO

O correto dimensionamento do comprimento da viga é essencial para que o dispositivo cumpra a sua função, desta forma deve ser tido em consideração as características do obstáculo e da via. As disposições normativas relativas aos SRR do InIR [7] salvaguardam três fatores relativos ao comprimento necessário para uma guarda de segurança:

- *Caraterísticas do próprio sistema, especificando o comprimento mínimo para o correto funcionamento do mesmo. Este corresponde ao comprimento considerado no relatório de ensaio da ficha de homologação, de acordo com a Norma Europeia EN 1317, correspondendo assim ao comprimento mínimo de instalação da barreira de segurança;*
- *Condições esperadas de embate, função do ângulo e da velocidade de embate esperados;*
- *Caraterísticas da AAFR, nomeadamente dimensões do obstáculo, e que favoreçam a possibilidade de circulação do veículo descontrolado por detrás da barreira.*

O comprimento necessário apenas contempla o comprimento útil do dispositivo, excluindo os seus terminais. É ao longo do comprimento útil que se devem encontrar os obstáculos a proteger. Os terminais das guardas de segurança também podem ser alvo de uma eventual colisão, mas a sua resposta é diferente da resposta dada pelo sistema enquadrado no comprimento útil, isto porque o nível de contenção dos terminais é inferior. Por isso, na zona dos terminais não devem existir obstáculos que necessitem de proteção. Na Figura 5.12 é apresentado um exemplo onde são demonstradas situações em que é necessário remover os obstáculos junto aos terminais e zonas de transição (desalinhamento) das guardas de segurança, devido à falta de robustez da guarda nesses locais para reter um eventual embate.

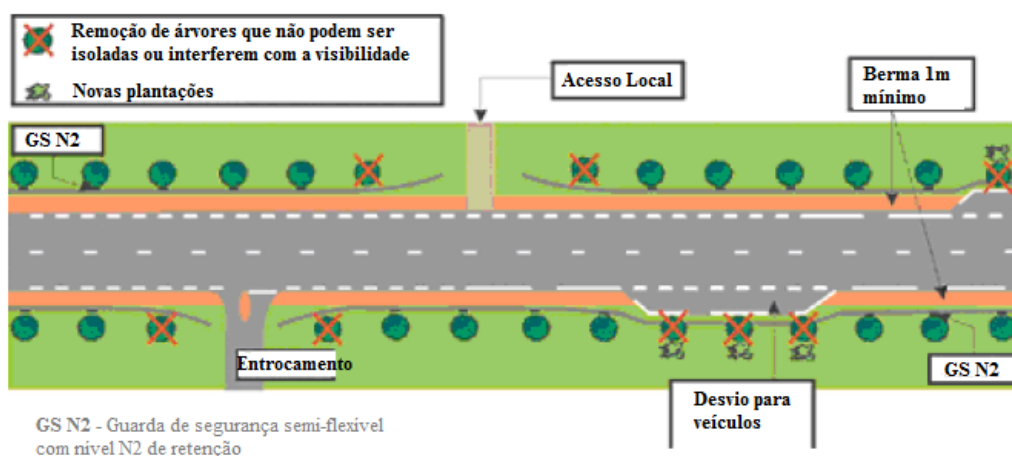


Figura 5.12 – Exemplo de proteção e remoção de obstáculos, adaptado SETRA [39]



A EN 1317-2 [9] refere que o comprimento da guarda de segurança deverá ser definido pelo fabricante da mesma, de acordo com os requisitos de ensaio, no documento de homologação. No entanto, existem vários países da UE que nas suas normas e recomendações definem comprimentos mínimos a serem adotados, para uma guarda de segurança semi-flexível. No Quadro 5.1 são apresentados os comprimentos mínimos para as guardas de segurança semi-flexíveis que são exigidos pelos vários países da UE.

Quadro 5.1 – Comprimento necessário mínimo, adaptado InIR [7]

País	Comprimento mínimo das guardas semi-flexíveis
Portugal ^(a)	-
Espanha	28,0 m a 60,0 m (em função da velocidade de projeto)
Itália	Definido pelo certificado de homologação
Reino Unido	37,5 m a 63,0 m (em função do nível de retenção e dos dados do fabricante)
Irlanda	45,0 m (ou 20,0 m em casos especiais)
França	60,0 m
Suécia	95,0 m (para uma velocidade de 110 km/h)
Noruega	45,0 m a 165,0 m (em função do limite de velocidade)
Holanda	75,0 m
Alemanha	70,0 a 280,0 m

^(a) De acordo com a Norma de Traçado de 1994 [12]

Em Portugal, não há nenhuma indicação referente a um valor mínimo exigível, ao contrário de França, que na sua normalização define 100,0 metros como o comprimento mínimo, sendo admitido um mínimo absoluto de 60,0 metros (SETRA, 1988) [19].

O comprimento total de um dispositivo está dependente das características do obstáculo a proteger, da sua dimensão e também do tipo de via. Numa estrada com sentidos de circulação separados fisicamente, apenas existe a preocupação de se proteger o obstáculo contra veículos no respetivo sentido de circulação. O mesmo não acontece em vias com uma só faixa de rodagem de dois sentidos, nestes casos é necessário proteger-se o obstáculo dos veículos que circulam em ambos os sentidos, pois um veículo que circule na via mais distante do obstáculo pode despistar-se e atravessar a faixa de rodagem embatendo no obstáculo.

De acordo com o estudo do projeto RISER [22], na Figura 5.13 está ilustrado um exemplo de proteção de um obstáculo pontual na AAFR, numa estrada com dois sentidos de circulação.

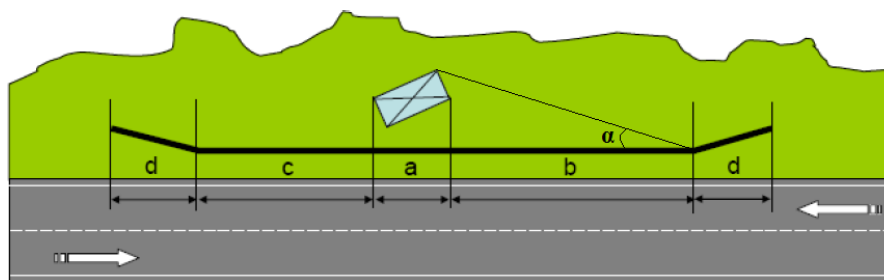


Figura 5.13 – Dimensões do obstáculo e do dispositivo, adaptado projeto RISER [22]

O comprimento “a” representa a extensão do respetivo obstáculo na estrada, e é com base neste comprimento que é definido o comprimento útil da guarda de segurança. O comprimento necessário, para proteger os veículos que circulam na via mais próxima do obstáculo, é designado por “b”, e está dependente da velocidade e do ângulo “ α ” de embate do veículo.

O ângulo “ α ” não corresponde ao ângulo de ensaio de choque exigido pela EN 1317-1 [8]. Este ângulo é determinado, a partir dos ângulos de saída da faixa de rodagem previstos, para o troço de estrada em questão. Vários estudos apontam 5°, como um valor de referência aconselhável para “ α ” (InIR, 2010) [7].

O comprimento “c” representa o comprimento necessário, para proteger os veículos que circulam no sentido oposto, e que se possam descontrolar e atravessar a faixa de rodagem. Por fim, tem-se o comprimento “d”, que já não faz parte do chamado comprimento útil, este é referente ao comprimento adotado para os terminais, de forma lhes conferir resistência estrutural.

No caso da existência de vários obstáculos pontuais dispersos, ao longo da AAFR, devem ser consideradas as áreas de influência desses mesmos obstáculos, e se possível agrupá-los, tratando-os como um obstáculo único. Esta análise permite avaliar soluções mais económicas, implementando-se apenas uma única guarda de segurança, para proteção mútua dos obstáculos. Existem normas europeias, nomeadamente em Espanha e no Reino Unido, que estabelecem que em qualquer caso, o comprimento mínimo entre guardas de segurança consecutivas deverá ser de 50,0 metros (InIR, 2010) [7].

Existem casos em que o terreno a montante da guarda de segurança pode permitir que um veículo descontrolado saia da faixa de rodagem, invadindo a AAFR, e se desloque por detrás da guarda de segurança, podendo atingir o obstáculo, que esta deveria estar a proteger. Esta situação, tendencialmente poderá ocorrer em zonas planas e pode trazer consequências graves, a nível estrutural quando, por exemplo, o obstáculo em questão é um pilar de uma obra-de-arte. Daí a necessidade de se estabelecer um comprimento de guarda de segurança suficiente, a montante do obstáculo, para se evitar esse tipo de acidentes. No projeto RISER [22], dos vários acidentes analisados, concluiu-se que em diversos casos os comprimentos de 50,0 a 60,0 metros a montante do obstáculo, não foram suficientes para se evitarem acidentes, para essas situações é aconselhável adotar as soluções da Figura 5.14.

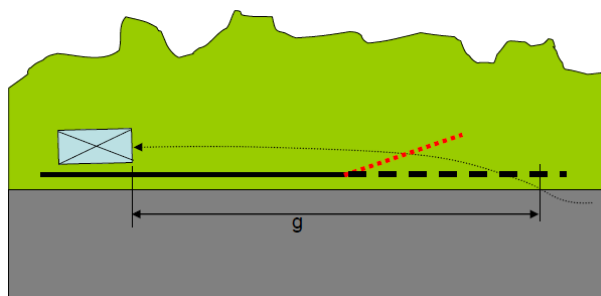


Figura 5.14 – Soluções de projeto de terminais, projeto RISER [22]

Numa tentativa de mitigação do problema de invasão da AAFR por detrás da guarda de segurança, são sugeridas duas soluções exemplificadas anteriormente (InIR, 2010) [7]:

- *Prolongar a barreira a montante do perigo (linha preta tracejada). Ainda assim o veículo poderá deslocar-se por detrás da barreira. Contudo, a distância de travagem disponível permite que o embate, a ocorrer, seja de menor gravidade;*
- *Afastar a barreira da estrada, denominada barreira com afastamento – indicado na figura com a linha vermelha tracejada. Daqui resultará um impacto do veículo com o terminal de barreira, situação de menor gravidade quando comparada com o embate no obstáculo perigoso.*

5.3.1. CÁLCULO DO COMPRIMENTO DA GUARDA DE SEGURANÇA

As disposições normativas dos SRR do InIR [7] propõem um modelo de cálculo do comprimento de guarda de segurança necessário, adaptado do método apresentado no projeto RISER [22]. Este método tem em consideração as condições de saída da faixa de rodagem e o embate com obstáculos localizados na AAFR. O cálculo é dividido em duas partes, consoante o dispositivo presente, ou não, afastamento.

1. **Guardas de segurança sem afastamento**, o comprimento necessário a montante do obstáculo, em zonas onde a estrada se encontra em aterro, é calculado a partir da Equação 5.1:

$$\text{Comprimento} = \frac{v_{saída}^2 - v_{embate}^2}{2 \cdot g \cdot (\mu \cdot \cos(\varphi) - \sin(\varphi))} \cdot \cos(\alpha) - a \cdot \cot(\alpha) \quad (5.1)$$

Em que:

$v_{saída}$ = velocidade de saída da faixa de rodagem [m/s]

v_{embate} = velocidade de embate no obstáculo perigoso [m/s]

α = ângulo de saída da faixa de rodagem [°]

μ = coeficiente de atrito mobilizável na AAFR

g = aceleração da gravidade [9,81 m/s²]

φ = inclinação do talude [°]

a = distância da guarda de segurança ao limite da faixa de rodagem [m]

2. **Guardas de segurança com afastamento**, o comprimento necessário a montante do obstáculo, em zonas de talude de aterro, é calculado a partir da Equação 5.2:

$$\text{Comprimento} = \text{dist} \cdot \cos(\alpha) - a \cdot \cot(\alpha) - \frac{(\text{dist} \cdot \cos(\alpha) - a \cdot \cot(\alpha) - b) \cdot \tan(\beta)}{\tan(\alpha) \cdot \tan(\beta)} \quad (5.2)$$

Em que:

$$\text{dist} = \frac{v_{\text{saída}}^2 - v_{\text{embate}}^2}{2 \cdot g \cdot (\mu \cdot \cos(\varphi) - \sin(\varphi))} = \text{distância de travagem [m]} \quad (5.3)$$

β = ângulo de afastamento da guarda de segurança [°]

b = comprimento imediatamente a montante do obstáculo em que não há afastamento da guarda [m]

Na Figura 5.15 está representado um gráfico com quatro curvas, que variam em função do comprimento necessário a montante do obstáculo e a velocidade de saída do veículo da faixa de rodagem.

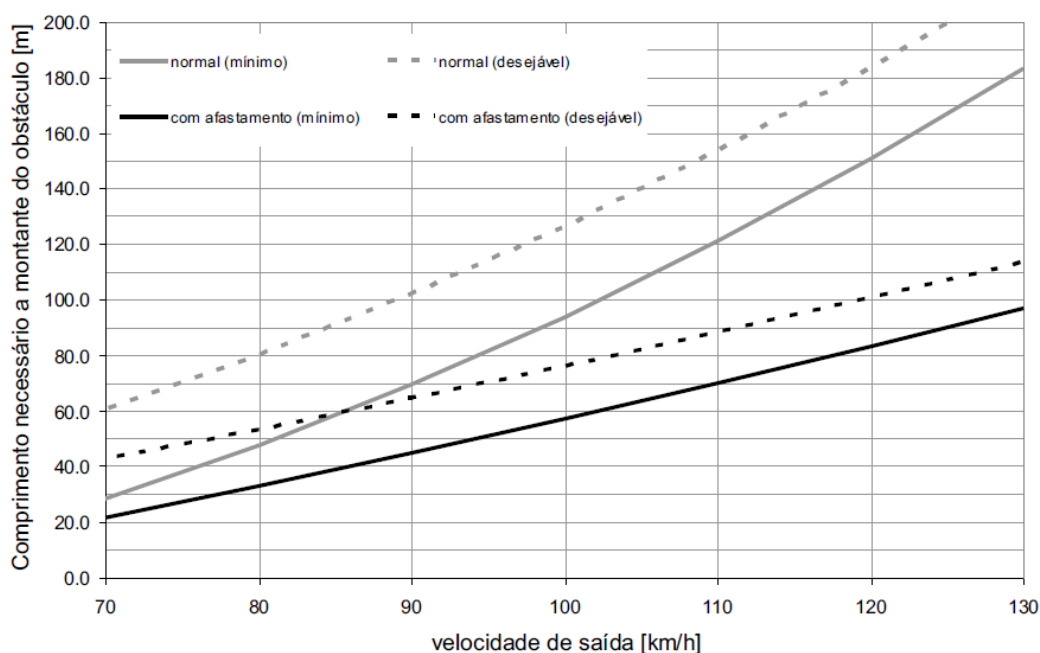


Figura 5.15 – Comprimento necessário a montante do obstáculo perigoso, InIR [7]

A curva relativa à distância mínima (**mínimo**) representa a distância necessária quando o embate ocorre a 50 km/h e com um perigo considerado aceitável. A curva de distância pretendida (**desejável**), representa o caso em que o veículo para antes de atingir o obstáculo. Ambas as curvas assumem uma desaceleração de 3,0 m/s².

As curvas a cinzento referem-se à primeira situação de cálculo, onde a guarda de segurança não tem afastamento (normal), e as curvas a preto representam a barreira com afastamento. A taxa de afastamento adotada é de 1:10, o que corresponde a um ângulo de afastamento de 5,7°, e é ainda considerado um

comprimento imediatamente a montante do obstáculo, antes do início do afastamento, de 8,0 metros, como representado na Figura 5.16.

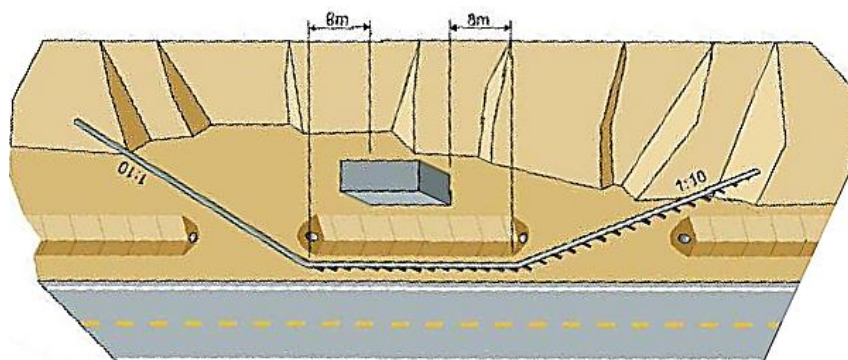


Figura 5.16 – Terminal de guarda de segurança com afastamento, InIR [7]

5.3.2. TAXA DE AFASTAMENTO

O recurso à utilização de uma guarda de segurança com afastamento permite que se reduza o comprimento útil desta, o que traduz numa poupança de custos. Quanto mais elevada for a velocidade de circulação dos veículos, maior é a diferença dos comprimentos úteis necessários, entre guardas normais e guardas com afastamento. No caso das guardas de segurança com afastamento, no Quadro 5.2 é apresentada a relação entre a taxa de afastamento e a gravidade do embate.

Quadro 5.2 – Gravidade do embate, InIR [7]

Taxa de afastamento	Ângulo de afastamento	TB 11 (EN 1317)			TB 22 (EN 1317)		
		Massa = 900 kg Velocidade = 100 km/h			Massa = 1500 kg Velocidade = 80 km/h		
		Ângulo de embate (°)	Gravidade do embate (kj)	% de aumento da gravidade	Ângulo de embate (°)	Gravidade do embate (kj)	% de aumento da gravidade
Nula	0	20,0	40,6	-	15,0	21,5	-
1:20	2,9	22,9	52,4	29	17,9	30,2	40
1:19	3,0	23,0	53,1	31	18,0	30,7	43
1:18	3,2	23,2	53,8	32	18,2	31,2	45
1:17	3,4	23,4	54,6	34	18,4	31,9	48
1:16	3,6	23,6	55,5	37	18,6	32,6	51
1:15	3,8	23,8	56,6	39	18,8	33,4	55
1:14	4,1	24,1	57,8	42	19,1	34,3	60
1:13	4,4	24,4	59,2	46	19,4	35,4	65
1:12	4,8	24,8	60,9	50	19,8	36,7	71
1:11	5,2	25,2	62,9	55	20,2	38,3	78
1:10	5,7	25,7	65,3	61	20,7	40,1	87
1:9	6,3	26,3	68,4	68	21,3	42,5	98
1:8	7,1	27,1	72,2	78	22,1	45,5	112
1:7	8,1	28,1	77,2	90	23,1	49,5	130
1:6	9,5	29,5	84,0	107	24,5	55,0	156
1:5	11,3	31,3	93,8	131	26,3	63,1	193



Embora o dispositivo com afastamento demonstre ser uma solução com custos mais reduzidos, este aumenta de forma significativa a gravidade do acidente, devido ao aumento do ângulo de embate entre o veículo e a guarda de segurança.

A EN 1317-2 [9] não obriga a que a instalação da guarda de segurança tenha de ser, necessariamente, idêntica à das condições do ensaio de choque, permitindo assim a adoção de vários valores para a taxa de afastamento. Na União Europeia, os vários países adotam valores diferentes para a taxa de afastamento da barreira, como se pode observar no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 – Taxas de afastamento recomendadas, adaptado InIR [7]

País	Taxa de afastamento
Portugal ^(a)	-
Espanha	1:20
Itália	-
Reino Unido	Na berma direita apenas nos terminais (e de acordo com as indicações do fabricante). Na berma esquerda 1:16 ou 1:20 para barreiras flexíveis ou rígidas, respetivamente.
Irlanda	Até 1:20
França	1:20
Suécia	1:20 para 110 km/h, 1:15 para 90 km/h e 1:10 para velocidades inferiores.
Noruega	1:10
Alemanha	1:20 (1:12 em casos excecionais)

^(a) De acordo com a Norma de Traçado de 1994 [12]

Em Portugal, não existe um valor pré-estabelecido, apenas uma delimitação sobre os valores máximos a serem utilizados de acordo com as velocidades praticadas. No entanto, as normas francesas recomendam uma taxa de afastamento de 1:20, independentemente da velocidade praticada. Esta taxa de afastamento recomendada é a menos onerosa em termos de gravidade de embate, e deverá ser este o valor a adotar sempre que possível, para se reduzir a gravidade de um possível embate.

Uma outra desvantagem da utilização de guardas de segurança com afastamento é a indução em erro do condutor, devido à perceção ótica. O afastamento da barreira pode levar a que o condutor crie uma perspetiva errada da estrada, sobrestimando as distâncias e/ou os raios de curvatura, conduzindo ao erro humano. *Assim a taxa de afastamento deve estar de acordo com o ensaio da barreira realizado pelo fabricante, não devendo exceder, em qualquer dos casos, 1:20 em estradas com limites de velocidade superiores a 80 km/h e 1:10 nos casos restantes casos (InIR, 2010) [7].*

5.4. SEPARADOR CENTRAL

Nas vias de dupla faixa de rodagem, podem ser adotadas várias soluções para o separador central, dependendo do espaço existente. No caso de um separador central com espaço reduzido, opta-se pela utilização de *New Jerseys*, caso contrário utilizam-se guardas de segurança semi-flexíveis, desde que haja espaço suficiente para estas se deformarem, sem atingir a faixa contrária, como exemplificado na Figura 5.17.

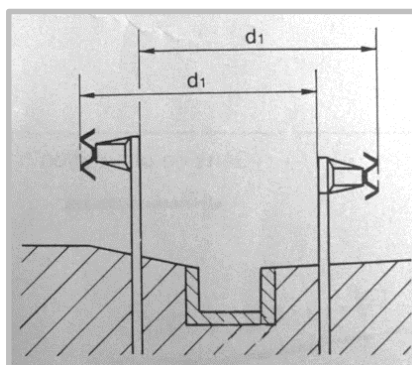


Figura 5.17 – Separador central com recurso a guarda de segurança semi-flexíveis, SETRA [19]

No caso da figura anterior a distância entre as duas filas de guardas deve ser respeitada para evitar eventuais conflitos que coloquem em causa a segurança do tráfego. Considerando-se a utilização de uma guarda de segurança simples com prumos afastados de 2,0 metros a distância d_1 deverá estar compreendida entre 0,90 e 1,20 metros (SETRA, 1988) [19]. No caso de se terem valões centrais com 4,0 metros de largura, pode-se adotar um afastamento entre prumos de 4,0 metros, tendo em consideração a classe de largura útil da guarda de segurança em questão.

Existem situações em que o separador central tem na sua composição alguns obstáculos, como é o caso das colunas de iluminação e os pórticos de sinalização. Nestes casos é necessário se proceder a um desvio da guarda de segurança como indicado na Figura 5.18.

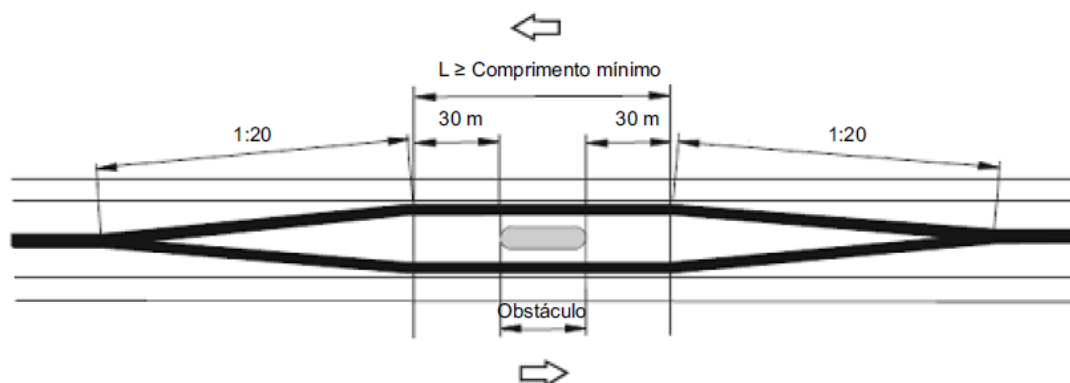


Figura 5.18 – Obstáculo no separador central, InIR [7]



No separador central, sempre que é necessário afastar ou aproximar uma barreira de segurança do limite da faixa de rodagem, a mudança de alinhamento faz-se com um bisel cuja taxa de afastamento máxima é de 1:20. A montante e a jusante do obstáculo deverá haver um alinhamento paralelo à faixa de rodagem com o comprimento mínimo de 30,0 metros (InIR, 2010) [7]. O comprimento da guarda de segurança nestes casos deve sempre respeitar o comprimento útil mínimo definido na ficha de homologação do produto, tal como mostra a figura anterior.

Na Figura 5.19 é apresentado uma situação que não está em conformidade com a solução anterior.



Figura 5.19 – Obstáculo mal protegido no separador central, Google Maps (street view 2009)

Neste caso a guarda de segurança semi-flexível não tem dimensão suficiente para se deformar e proteger o obstáculo, sendo assim, uma eventual colisão de um veículo descontrolado acabará por atingir a coluna do pórtico de sinalização.

5.5. CRITÉRIOS DE APLICAÇÃO PROPOSTOS

A correta aplicação, dos dispositivos de retenção, é fundamental para se tentar reduzir a gravidade dos acidentes rodoviários. A aplicação dos dispositivos de segurança, em infraestruturas rodoviárias, deve ser sempre realizada com o objetivo de reduzir sinistralidade rodoviária e aumentar a segurança dos condutores. Com o intuito de complementar tudo o que foi desenvolvido, ao longo do presente trabalho, procedeu-se à observação de dispositivos de retenção lateral, aplicados em estradas portuguesas.

A falta de critério, na aplicação dos dispositivos, é resultante de uma aplicação não uniforme, que resulta em situações que podem gerar perigo para os ocupantes dos veículos. Uma das razões, para a falta de critério, poderá advir das omissões existentes na legislação portuguesa. Na tentativa de se colmatar esta situação, os contratos de concessão remetem os projetistas para o uso das normas francesas do SETRA. Esta situação, de recurso à legislação francesa, já perdura há muito tempo, tanto que se generalizou.

Partindo assim, daquele que é o objetivo deste trabalho, evidenciou-se os critérios presentes tanto nas normas portuguesas, como nas normas francesas, procurando uniformizar a aplicação das guardas de



segurança semi-flexíveis. E foi com base no conjunto de normas analisadas, que são propostos os critérios de aplicação do presente capítulo.

Para o estudo dos casos práticos, analisaram-se algumas autoestradas, vias rápidas e acessos a estas vias na área da Grande Lisboa. Teve-se em consideração os seguintes aspetos: tipo de via, velocidade de circulação, ano de construção/ alargamento e a sua envolvente. Com base nestes aspetos é possível comparar duas vias da mesma hierarquia viária e perceber se existiu uma evolução ao longo do tempo, na aplicação das guardas de segurança, ou se os mesmos erros persistem. E é analisando as várias situações encontradas e dispostas no Capítulo 4.3, que irão ser apresentadas as propostas de aplicação.

5.5.1. COMPRIMENTO DA GUARDA DE SEGURANÇA

A guarda de segurança semi-flexível deve ter um comprimento útil suficiente, excluindo a extensão referente aos terminais, que garanta a eficácia de retenção. É ao longo deste denominado comprimento útil, que se devem encontrar os obstáculos a proteger.

Na Figura 4.15 são dados exemplos de situações em que o comprimento útil da guarda de segurança não tem extensão suficiente para garantir o correto funcionamento da guarda de segurança. Este comprimento útil da viga, segundo a EN 1317-2 [9], deverá ser definido pelo fabricante, de acordo com os ensaios realizados. Caso esta informação não esteja disponível, é preferível adotar-se o comprimento mínimo absoluto requerido pela legislação francesa, que é de 60,0 metros (SETRA, 1988) [19].

Por norma, para se atingirem os 60,0 metros definidos pelo SETRA utiliza-se um troço de guarda com 20,0 para proteger o obstáculo, e a jusante e montante deste são adicionados outros dois troços também com 20,0 metros de comprimento, para posteriormente serem implementados os respetivos terminais. Como é óbvio, o comprimento utilizado para a proteção do obstáculo varia conforme a dimensão deste.

Efetou-se uma breve comparação entre a norma dos SRR do InIR [7] e a norma do SETRA sobre as condições de aplicação das guardas de segurança [19], no que se refere ao comprimento das guardas, e concluindo-se que o documento do InIR é mais conservador neste aspeto. Esta conclusão advém da análise do gráfico da Figura 5.15, onde são apresentados os comprimentos necessários a adotar a montante do obstáculo em função da velocidade de saída. Considerando as velocidades de saída de 80 km/h e 100 km/h e a situação ideal, em que o veículo para antes de embater no obstáculo retiraram-se os seguintes resultados:

- Para uma guarda de segurança sem afastamento, com uma velocidade de 80 km/h o comprimento necessário é de 80,0 metros e para 100 km/h este comprimento passa para cerca de 127,0 metros;
- Para uma guarda de segurança com afastamento a uma taxa de 1:10, tem-se então para uma velocidade de 80 km/h um comprimento de 52,0 metros e para 100 km/h cerca de 78,0 metros.



Estes valores quando comparados com o mínimo exigível pelo SETRA acabam por ser muito conservadores. Sendo assim, nestas situações, é importante a realização de um estudo aprofundado do local, a fim de se perceber se o perigo presente justifica um maior investimento em dispositivos de retenção. No caso de locais onde o risco de despiste é reduzido é sempre preferível a adoção do valor mínimo recomendado pelo SETRA, que é de 60,0 metros.

Ainda no âmbito do comprimento da guarda de segurança, existem situações em que se encontram vários obstáculos consecutivos, ao longo da AAFR. Por vezes, nestas situações pode existir a tendência de adoção de vários dispositivos de segurança independentes, mas o ideal será agrupar todos os obstáculos e protegê-los com apenas um só dispositivo de retenção, como exemplificado na Figura 5.20.



Figura 5.20 – Proteção de vários obstáculos com o mesmo dispositivo de retenção

As guardas de segurança consecutivas, com interrupções demasiado curtas, devem ser evitadas, até porque aumenta o perigo para os condutores que possam vir a embater com os terminais. Nestes casos, devem seguir-se as regras de dimensionamento, referidas no Capítulo 5.2.2., agrupando os vários obstáculos e tratando-os como um único. No caso de se optar por duas guardas de segurança consecutivas, segundo o InIR [7], deve-se ter em consideração que a distância mínima recomendada entre estas deverá ser de 50,0 metros. Desta forma, evitam-se situações como a exemplificada na Figura 4.23, onde a guarda de segurança é interrompida gerando assim uma situação de perigo de colisão com os terminais.

5.5.2. ALTURA MÍNIMA DA VIGA

A altura da viga está dependente da altura do prumo acima do solo. Quando se procede à ancoragem dos prumos, é aconselhável a realização do ensaio ao solo descrito no Capítulo 3.5, de forma a ser conhecida a profundidade necessária, para um bom desempenho do dispositivo. Na impossibilidade de se realizar este ensaio, e visto este não ser obrigatório, deverá adotar-se as disposições indicadas no caderno de encargos tipo obra da EP [14].

Poderá, por vezes, ser necessário proceder-se ao ajuste da altura dos prumos, para se cumprir com a altura correta da viga acima do solo. Isto acontece quando existe um reperfilamento ou uma recarga do pavimento, que aumenta a cota final da camada de desgaste, sendo superior à anterior. Neste caso, é necessário que haja um ajuste da altura da viga, após a aplicação da nova camada de pavimento, como já tinha sido referido no Capítulo 4.3 no exemplo da Figura 4.16.

No caderno de encargos da EP [14], é referido que a altura mínima do topo do prumo acima do solo deverá ser de 0,66 metros, admitindo-se uma tolerância de +0,03 metros, desta forma o eixo da viga irá encontrar-se a 0,55 metros do solo (ver Figura 5.21).

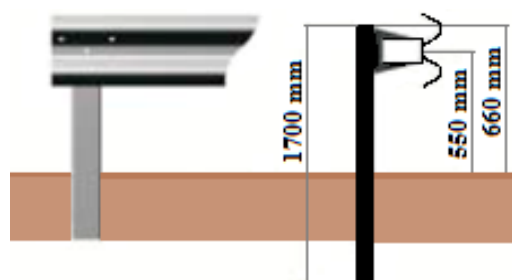


Figura 5.21 – Guarda de segurança simples, adaptado catálogo fabricante [34]

Ainda no mesmo caderno de encargos é dito que no caso de uma subida da cota do pavimento devido a uma recarga deste, devem utilizar-se alongadores que são aparafusados aos prumos e permitem subir a altura da viga (ver Figura 5.22)



Figura 5.22 – Alongadores para prumos

5.5.3. LARGURA ÚTIL

A distância entre a guarda de segurança e o obstáculo a proteger, deve ser superior à largura útil do dispositivo, só assim se consegue evitar um choque frontal ou lateral com o obstáculo. Estes obstáculos podem ser: árvores, colunas de iluminação e de sinalização, pilares de obras-de-arte, valetas profundas, taludes de grande dimensão, pedras, bocas de aqueduto, muros de contenção, etc..

A Figura 1.2, no início do presente documento, e a Figura 4.17 representam situações em que a guarda de segurança se encontra muito próxima do pilar da PS, não tendo assim espaço para se deformar em

caso de embate. São recorrentes as situações, em que as guardas de segurança se encontram muito próximas dos obstáculos a proteger. Nestes casos deve-se tentar, se possível, deslocar o obstáculo, no caso das colunas de iluminação ou pórticos de sinalização, por exemplo.

Caso não seja possível mover o obstáculo, como é o exemplo dos pilares das obras-de-arte, deve-se procurar uma solução que permita reduzir a largura útil necessária. Uma forma prática de o fazer é através da redução da distância entre prumos, por exemplo, se estivermos na presença de uma guarda de segurança simples, com perfil ómega, em que os prumos se encontram afastados de 4,0 em 4,0 metros, ao se reduzir este afastamento para 2,0 metros, também se está a reduzir a largura útil necessária. Se estes 2,0 metros não forem suficientes, pode-se ter que recorrer ao reforço dos prumos, aumentando a rigidez da guarda. Este reforço pode ser efetuado com recurso a prumos mais resistentes (em termos de espessura) ou recorrendo à sobreposição destes.

Caso não seja possível se cumprir a largura útil necessária mesmo recorrendo-se a um reforço dos prumos, é preferível, nesses casos específicos, adotarem-se dispositivos de retenção rígidos do tipo *New Jersey*, como o exemplo da Figura 5.23.



Figura 5.23 – Pilar de PS protegido por *New Jersey*

No Quadro 3.3, podem ser consultados os valores da largura útil (W), de acordo com a EN 1317-2 [9]. Os níveis de largura útil mais elevados normalmente estão associados a níveis de contenção superiores, ideais para veículos pesados. As guardas de segurança simples com perfil ómega (nível de contenção N2) têm, geralmente, uma classe de largura útil poderá variar entre W4 e W6 ($W4 \leq 1,3$ m e $W6 \leq 2,1$ m), dependendo do peso do veículo de teste, da velocidade de embate e da distância entre prumos.

A distância a adotar entre a guarda de segurança e o talude depende do tipo de guarda de segurança utilizado. Na Figura 5.24 encontram-se recomendações a adotar para distâncias entre a guarda de segurança e um obstáculo linear (talude, muro de contenção, valeta profunda).

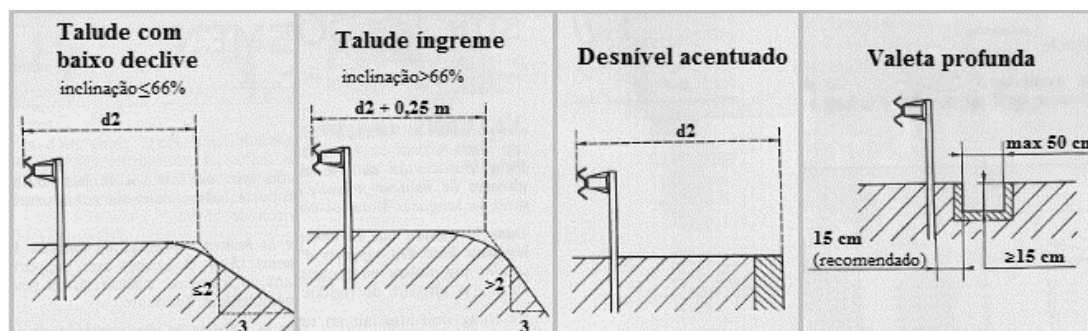


Figura 5.24 – Distâncias recomendáveis entre a barreira e obstáculos lineares, SETRA [19]

No caso do talude com baixo declive, e considerando a utilização de uma guarda de segurança simples, com afastamento entre prumos de 4,0 metros, deve-se considerar o valor de largura útil (d_2) entre 0,45 e 0,75 metros. Em relação aos taludes mais íngremes, para o mesmo tipo de guarda, deve ser considerada uma largura útil total ($d_2 + 0,25$) de 0,70 a 1,0 metro. Para a situação com um desnível acentuado, ou seja, quando é utilizado o recurso a muros de suporte, deve garantir-se uma largura útil (d_2) de 0,45 a 0,75 metros. Por fim, no caso de valetas profundas, com alturas superiores a 15,0 centímetros, é aconselhável a redução do afastamento entre prumos para 2,0 metros, e se adotar uma distância de pelo menos 15,0 centímetros entre a guarda e a valeta (SETRA, 1988) [19].

As obras-de-arte são situações mais complexas para gestão da largura útil, os tabuleiros destas são muito dispendiosos, daí a necessidade de se aproveitar o espaço ao máximo. De acordo com o SETRA [17], a distância entre a guarda de segurança e o guarda corpos deverá ser no mínimo de 1,0 metro. Desta forma, os obstáculos que se encontrem sob o tabuleiro da obra-de-arte devem encontrar-se implementados junto ao guarda corpos, e a guarda de segurança escolhida deverá contemplar uma largura útil inferior a 1,0 metro, de forma a se evitar um eventual embate com o obstáculo ou com o guarda corpos.

Relativamente ao separador central, a escolha da largura útil a adotar encontra-se explicada no Capítulo 5.4 do presente documento.

5.5.4. AFASTAMENTO ENTRE PRUMOS

O afastamento entre prumos influencia de forma direta a rigidez da guarda de segurança e a largura útil necessária. O afastamento entre estes é de 4,0 metros, em condições consideradas normais, mas existem situações em que é necessário o aumento da rigidez do sistema, para esse efeito a distância pode ser reduzida para 2,0 metros. São exemplos gerais dessa redução de distância as seguintes situações:

- Trecho a montante ou a jusante de uma obra-de-arte e na secção corrente desta (Figura 5.25);
- Curvas circulares de raio inferior a 45,0 metros (*loop*);
- Obstáculos que representem um grande nível de perigo para os condutores (ex.: vias férreas de alta velocidade, águas de grande profundidade, construções com perigo de explosão, etc.).



Figura 5.25 – Aproximação a obra-de-arte com prumos afastados de 2,0 metros

Uma outra situação, em que pode ser necessário o recurso à redução da distância entre prumos, quando não é possível cumprir a largura útil (W), entre a guarda de segurança e o obstáculo a proteger. Neste caso, a distância entre prumos pode ser reduzida para 2,0 metros, reduzindo-se assim a largura útil necessária para o dispositivo se deformar. Deste modo é possível evitar que uma eventual colisão (entre um veículo e a guarda de segurança) atinja o obstáculo protegido (ver Figura 5.26).



Figura 5.26 – Exemplo de redução da distância entre prumos junto a obstáculo

Nas zonas de risco acrescido, como é o exemplo dos taludes íngremes ou dos muros de suporte, deve-se ter muito cuidado na colocação da guarda de segurança. Nestas situações, se possível, deve-se utilizar um afastamento entre prumos de 2,0 metros, reduzindo assim a largura útil necessária e aumentando a rigidez da guarda de segurança. Na Figura 4.18 estão representadas duas situações semelhantes, ambas junto a taludes íngremes, com uma altura superior a 3,0 metros e declives acentuados, em que numa utilizou-se prumos com afastamento entre si de 2,0 metros e na outra um afastamento de 4,0 metros. Na situação com afastamento de 4,0 metros, esta deveria ser corrigida, reduzindo-se o afastamento dos prumos por forma a aumentar a rigidez do dispositivo.

5.5.5. TRANSIÇÕES ENTRE GUARDAS DE SEGURANÇA

As transições visam assegurar a continuidade entre guardas de segurança de características diferentes. Estas zonas de transição apresentam vários problemas a nível de desempenho e têm uma classe de contenção inferior. Segundo a EN 1317-4 [11], a classe de contenção da transição não pode ser inferior

à classe mais baixa das duas guardas ligadas, nem superior à classe de contenção mais alta. A sua largura útil (W), também não pode ultrapassar a largura útil mais alta das duas guardas de segurança interligadas. Para a RRN são recomendados os níveis de contenção para transições apresentados no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Níveis de contenção das transições entre dois dispositivos, InIR [7]

Nível de contenção	N2	H1	H2	H4b
N2	N2	N2	H1	H2
H1	N2	H1	H1	H2
H2	H1	H1	H2	H2
H4b	H2	H2	H2	H4b

Como já referido, a ligação entre duas guardas de segurança diferentes é sempre um problema difícil resolução, por diversas razões, de acordo com o SETRA [17], as principais razões são:

- Diferença de funcionamento dos dispositivos (flexíveis vs rígidos);
- Geometrias diferentes (passagem de uma guarda de segurança simples em perfil ómega para uma guarda tipo BN4, por exemplo);
- Passagem de um dispositivo de retenção para veículos ligeiros (nível N), para um dispositivo de retenção para veículos pesados (nível H), mas tratando as zonas de transição com um nível de retenção equivalente ao dos ligeiros;
- Problemas dos materiais (betão/aço);
- Tratamento da dilatação à direita da junta de dilatação;
- Exigências estéticas.

Estas transições, entre sistemas de diferentes níveis de retenção, acontecem com muita frequência em obras-de-arte. À medida que é efetuada a aproximação à obra-de-arte, o nível de retenção aumenta gradualmente, como pode ser observado no exemplo da Figura 5.27.

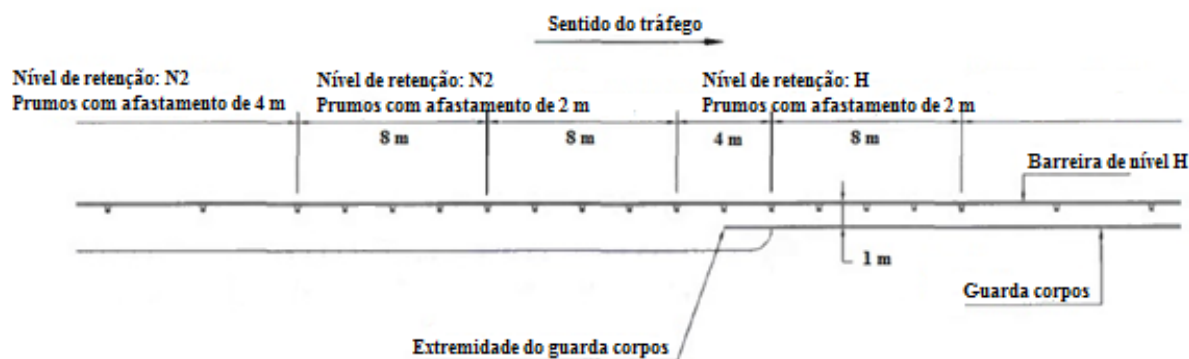


Figura 5.27 – Exemplo de aproximação a uma obra-de-arte, adaptado SETRA [17]

Nesta aproximação às obras-de-arte, é necessário garantir-se a continuidade estrutural e a correta ligação entre todos os elementos. Por vezes, recorre-se a um desalinhamento da guarda de segurança de forma a esta poder efetuar a ligação aos elementos de retenção do tabuleiro, como apresentado na Figura 5.28.

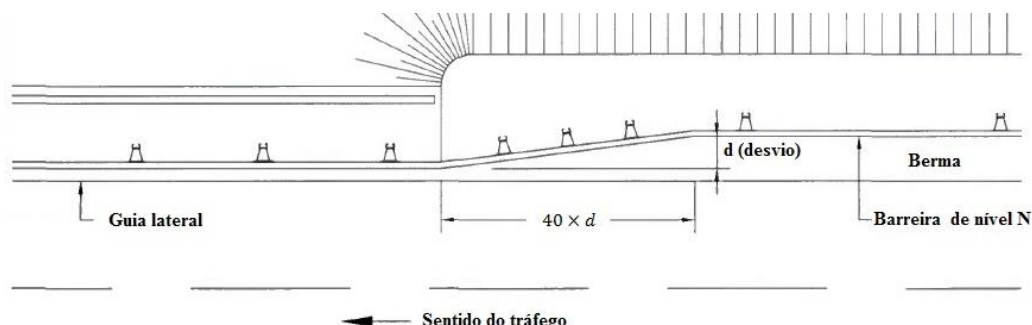


Figura 5.28 – Valor do desvio entre guardas de segurança, adaptado SETRA [17]

Este desvio, de acordo com as normas do SETRA [17], deverá ser gradual, tendo em consideração o valor que é necessário compensar, “d”. Ou seja, se as guardas de segurança estiverem desviadas entre si 1,0 metro, então “d” toma esse mesmo valor. A distância necessária para se efetuar a transição é dada pela seguinte expressão:

$$40 \times d \quad (5.4)$$

Para além de se assegurar esta transição, entre guardas de segurança, é também importante que se assegure a correta transição entre os passeios pedonais. No caso das obras-de-arte, em que é permitida a circulação a pedestres, deve tentar manter-se as mesmas condições da plena via, tanto a montante como a jusante, tentando não reduzir drasticamente a largura do passeio, garantindo pelo menos um mínimo de 1,0 a 1,25 metros.

No caso de estradas com acesso proibido a peões, na zona em obra-de-arte, deve ser garantida uma passagem de serviço, neste caso a guarda de segurança deve estar distanciada 1,0 metro do guarda corpos, como indicado na Figura 5.29. Esta passagem permite a realização de manobras de manutenção ou prestar abrigo aos condutores, em caso de acidente ou avaria.

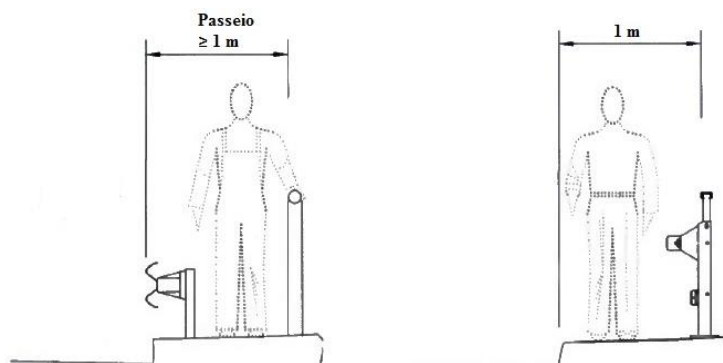


Figura 5.29 – Perfis transversais tipo para passeios em obras-de-arte, adaptado SETRA [17]

Juntas de dilatação

As juntas de dilatação também são um ponto delicado, para o funcionamento da guarda de segurança, porque junto a estas têm de ser garantidas duas funções contraditórias (SETRA, 2001) [17]:

- A livre dilatação dos elementos da guarda de segurança;
- A continuidade mecânica de transmissão de esforços em caso de embate.

Sendo assim, nas obras-de-arte, a jusante da junta de dilatação, não é possível garantir-se a continuidade da guarda de segurança nas condições da plena via, isto se quisermos garantir uma livre expansão do tabuleiro da obra-de-arte. Daí resulta a importância de um correto dimensionamento dos furos das guardas de segurança, nas zonas de transição, para se garantir a expansão da guarda de segurança.

Quando as expansões registadas nas guardas de segurança têm intervalos inferiores a 10,0 centímetros, a mobilização da ancoragem é obtida rapidamente, não diminuindo assim a eficácia da guarda. No caso de intervalos de expansão superiores, é aconselhável utilizar-se sistemas de bloqueio (ver Figura 5.30), a fim de se evitar grandes variações de comprimento, que podem gerar um encurvamento da viga da guarda de segurança, isto para obras-de-arte de grande dimensão (SETRA, 2001) [17].



Figura 5.30 – Exemplo de dispositivo para controlo da dilatação em obras-de-arte

A Figura 5.31 contempla três exemplos de transições que não cumprem os requisitos das normas, e têm transições que colocam em causa o correto funcionamento das guardas de segurança.



Figura 5.31 – Transições mal efetuadas entre diferentes tipos de dispositivos

Contenção de veículos ligeiros

No caso de vias com pouca intensidade de tráfego em que na transição para a obra-de-arte a guarda de segurança é interrompida e ligada ao guarda corpos, esta ligação poderá ser efetuada no primeiro ou segundo prumo do respetivo guarda corpos. Esta solução só pode ser utilizada em zonas de pouco tráfego, com probabilidade de despiste reduzida e com velocidades de circulação baixas (Figura 5.32).

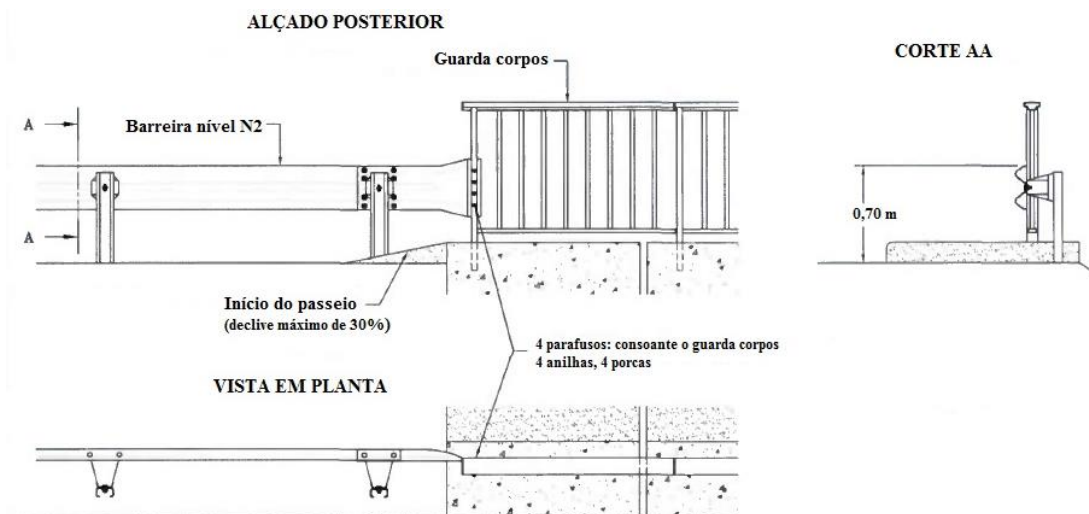


Figura 5.32 – Ligação entre barreira e guarda corpos: tráfego reduzido, adaptado SETRA [17]

Quando a intensidade do tráfego e a velocidade de circulação exigem um maior nível de cuidado, e por sua vez, uma maior capacidade de retenção, é recomendável que a ligação entre a guarda de segurança simples e a guarda de segurança de nível de retenção superior ou o guarda corpos seja realizada a jusante da junta de dilatação, como indicado na Figura 5.33.



Figura 5.33 – Exemplo de transição entre a guarda simples e o guarda corpos, InIR [23]

A ligação, entre a guarda de segurança e o guarda corpos deve ocorrer após a junta de dilatação do tabuleiro, como já se referiu, a fim de se evitar esforços desnecessários devido às variações de comprimento que existem, colocando em causa a capacidade de eficácia do dispositivo de retenção (Figura 5.34).

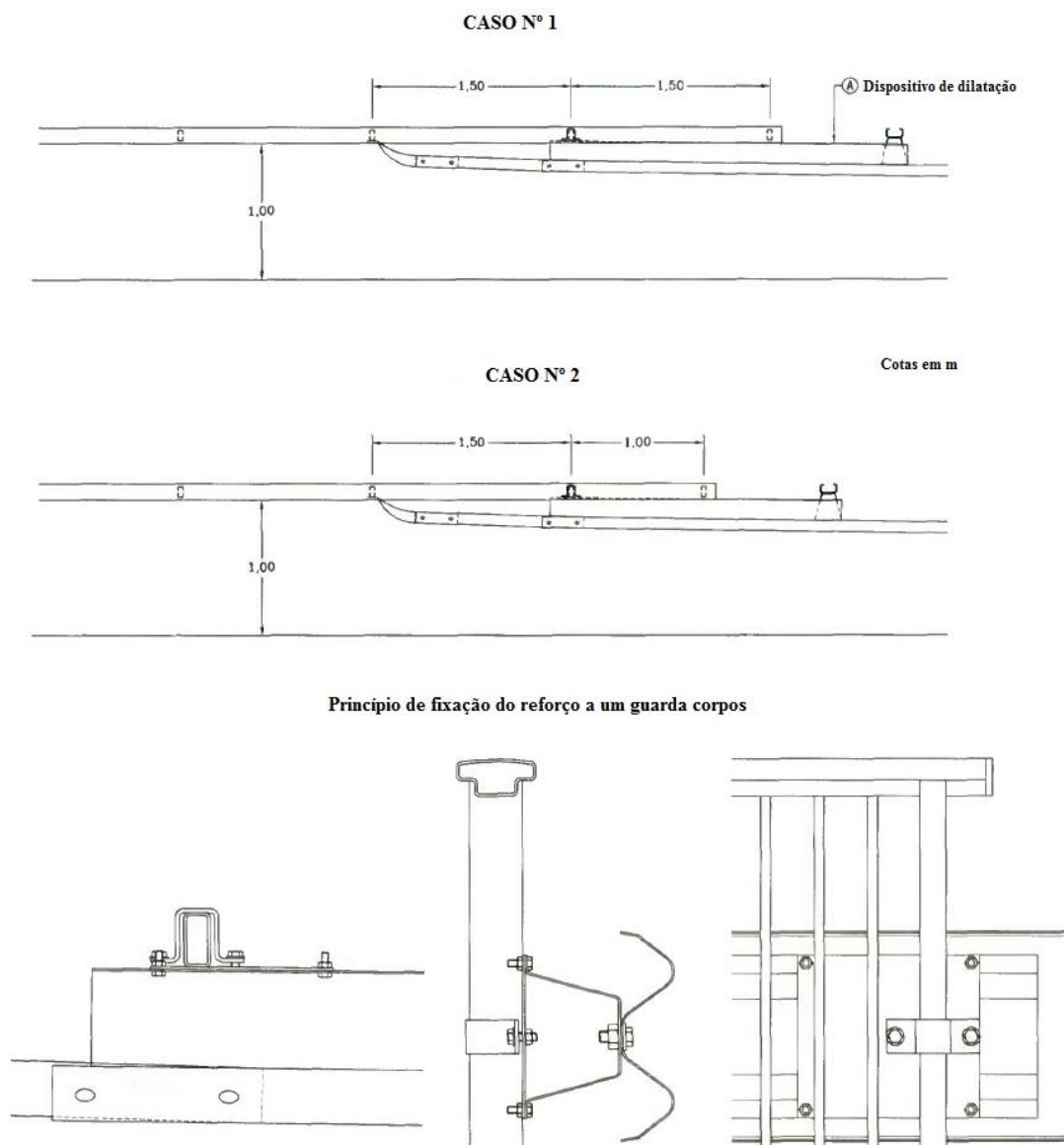


Figura 5.34 – Ligação entre dispositivo e guarda corpos: tráfego elevado, adaptado SETRA [17]

Nos casos onde é necessário garantir-se a continuidade da guarda de segurança da plena via ao longo da obra-de-arte, deve considerar-se um espaço mínimo, entre a guarda e o guarda corpos, de 1,0 metro. Se existirem obstáculos pontuais na secção corrente do viaduto, é necessário proceder-se ao isolamento dos mesmos, de acordo com as seguintes recomendações do SETRA [17]:

- Se o obstáculo se encontrar a uma distância de 0,6 a 1,0 metro da guarda de segurança, deve-se optar por um dispositivo cuja largura útil (W) seja inferior a esse valor;
- Se o obstáculo estiver entre 0,4 e 0,6 metros, é recomendável a utilização de um dispositivo de segurança rígido, com uma deformação muito reduzida (exemplo: *New Jersey*).

Com isto, evita-se que um veículo descontrolado embata com o obstáculo presente na secção corrente da obra-de-arte.

Contenção de veículos pesados

Existem poucos dispositivos, conectados a obras-de-arte capazes de executar a função de retenção de um veículo pesado, com mais de 3,0 a 5,0 toneladas. Para a contenção de veículos pesados são utilizadas guardas de segurança com o nível de contenção H, que para além da função de retenção têm como funções secundárias servir de guarda corpos nas obras-de-arte com tráfego pedonal, servir de barreira acústica, de contenção e/ou proteção lateral contra o vento.

As guardas de segurança, de nível H2 e H3, geralmente têm alturas compreendidas entre os 0,8 e os 1,2 metros. Normalmente são utilizadas em zonas de grandes perigos, como por exemplo, junto a linhas férreas de alta velocidade. As disposições de transição de uma barreira tipo BN4 encontram-se representadas na Figura 5.35, onde são dados exemplos de situações recomendadas e situações desaconselhadas.

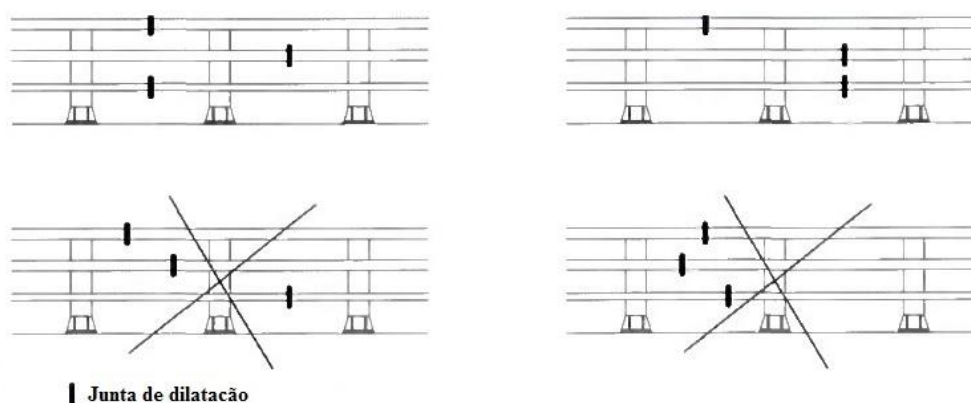


Figura 5.35 – Disposições de transição para uma guarda tipo BN4, SETRA [18]

No caso da ligação entre guardas de segurança diferentes é necessário se assegurar a continuidade do sistema e evitar situações em que os terminais se encontrem expostos ao tráfego, podendo em caso de embate penetrar no habitáculo. Na Figura 5.36 são apresentados exemplos de transições para uma guarda de segurança BN4.

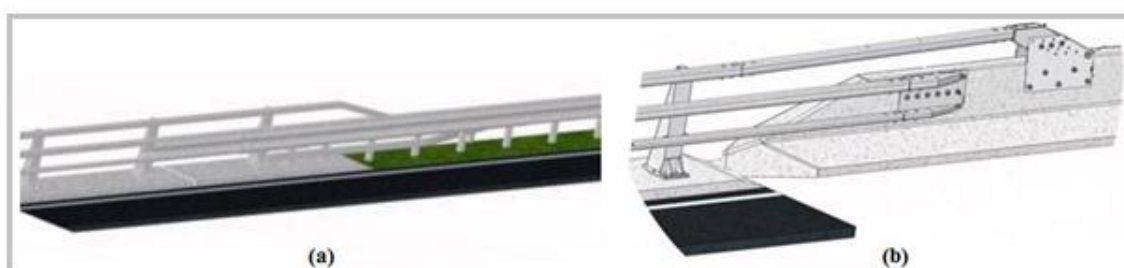


Figura 5.36 – Ligação BN4: (a) guarda simples; (b) muro de contenção, catálogo fabricante [40]

A ligação entre uma guarda de segurança BN4 e uma guarda de segurança simples dá-se principalmente na ligação às obras-de-arte. Nestes casos é necessário respeitar a junta de dilatação e efetuar a ligação

depois desta, para se garantir a correta expansão do tabuleiro e dos dispositivos. A guarda simples sobrepõe-se à BN4 e liga ao prumo desta após a junta de dilatação, cobrindo as duas vigas inferiores da BN4, como mostra a imagem. A viga superior da BN4 deve ser enterrada no solo para evitar-se a penetração num veículo que embata de frente com o início desta. No caso da ligação entre a BN4 e o muro de guarda, devem ser adotados os dispositivos para os terminais que efetuam a ligação ao muro por meio de aparafusamento.

Já a ligação entre uma guarda de segurança BHO e uma guarda simples dá-se de forma mais simplificada, pois a viga ómega prolonga-se em toda a extensão da guarda BHO, a única preocupação permanece com a viga superior, que tal como o exemplo anterior, deve ser enterrada no solo para reduzir o seu perigo.

5.5.6. TERMINAIS DAS GUARDAS DE SEGURANÇA

Idealmente, uma guarda de segurança não deveria ter nem início nem fim, visto estas extremidades serem zonas desfavoráveis, e onde é difícil o cumprimento dos critérios normativos. Os terminais são concebidos para evitarem o embate direto com o topo da guarda de segurança, que pode causar danos muito graves, levando à sua penetração no habitáculo do veículo, algo que em circunstância alguma deve acontecer. Na Figura 5.37 encontram-se dois exemplos de terminais enterrados.



Figura 5.37 - Tipos de amarração: (a) cota constante; (b) cota variável

No que se refere aos seus terminais de uma guarda de segurança, em Portugal, o mais comum é a amarração da viga por encastramento progressivo no solo (enterramento). Esta amarração pode se dar a uma cota constante, quando a guarda se inicia numa zona de escavação e enterrada a cota variável, com afastamento progressivo da faixa de rodagem, em situações de aterro, como exemplificado na figura.

Segundo o InIR [7], deverá dar-se preferência à amarração em zona de escavação, a cota constante, mesmo que seja necessário um prolongamento até 50,0 metros da guarda de segurança, pois a alternativa, amarração a cota variável, pode promover o efeito rampa, levando ao capotamento de um veículo descontrolado.

O comprimento de ancoragem, para novas estradas ou vias equiparadas a autoestradas deve ser de 28,0 metros. No caso das vias existentes, em que não seja possível cumprir o requisito anterior, o comprimento pode ser reduzido até 10,0 metros. O comprimento de ancoragem pode ser aumentado devido às características do local e das trajetórias possíveis dos veículos, com o objetivo de isolar corretamente o obstáculo (SETRA, 1988) [19].

Na situação em que a viga é amarrada ao solo a cota variável, o comprimento de amarração deve ser de 12,0 metros, como se pode observar na Figura 5.38.

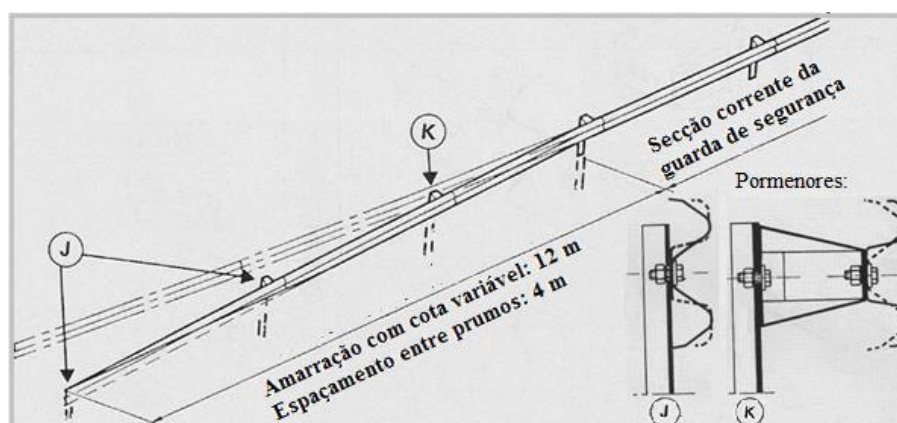


Figura 5.38 – Viga amarrada ao solo a cota variável, adaptado SETRA [19]

Na situação anterior o afastamento entre prumos a considerar é de 4,0 metros, sendo que os dois primeiros prumos não devem dispor de amortecedor.

É também possível proceder-se à amarração da extremidade a cota constante (extremidade em trompette) deslocando-a para o interior da AAFR para que seja enterrada no talude, como mostra a Figura 5.39.

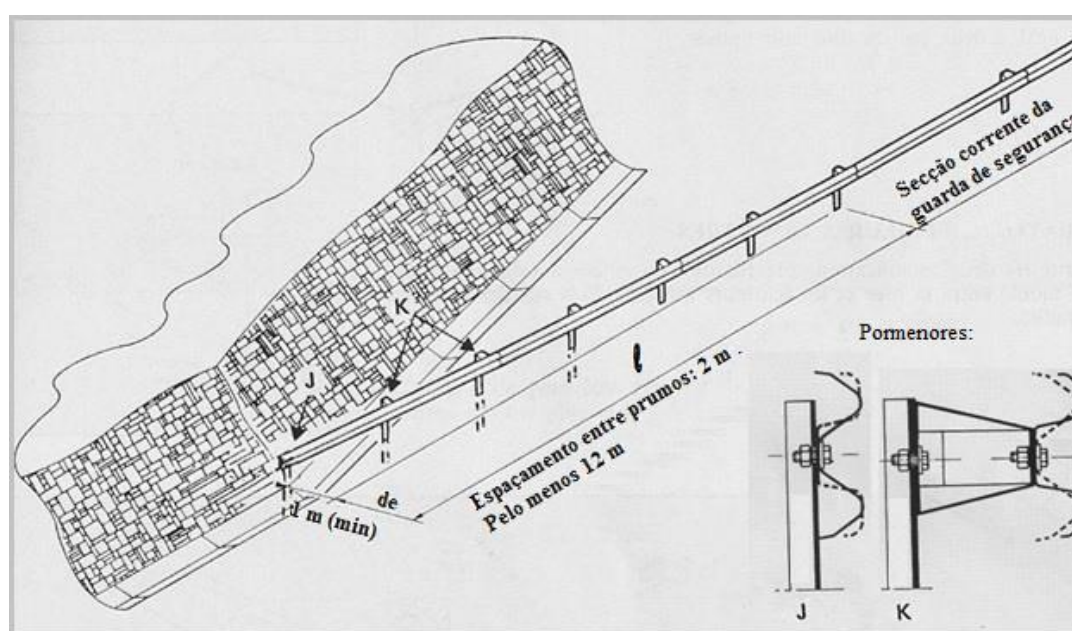


Figura 5.39 – Viga amarrada ao solo a cota constante, adaptado SETRA [19]

Nesta situação, o desvio da guarda de segurança em relação ao seu alinhamento original deverá de ser no mínimo de 1,0 metro. O comprimento desta extremidade deverá ter pelo menos 12,0 metros e o espaçamento entre prumos deverá ser de 2,0 metros, sendo que o último prumo não deverá conter amortecedor. O comprimento da extremidade (ℓ) está dependente do valor adotado para o desvio desta (de), estes valores encontram-se representados no Quadro 5.5.

Quadro 5.5 – Valores para desvio e comprimento da viga enterrada (cota constante), SETRA [19]

Extremidade enterrada tipo trompete (cotas em m)						
de	1	1,5	2	2,5	3	3,5
ℓ	12	16	20	24	28	32

No caso de estradas com duas faixas de rodagem, apenas é necessário enterrar a extremidade que se inicia no sentido da circulação do tráfego, a extremidade final deve ser deixada livre dobrada para o interior em forma de “cauda de carpa” (ver Figura 5.40). Nas estradas de faixa de rodagem única, a guarda de segurança deve encontrar-se enterrada em ambas as extremidades, evitando que um veículo que circule na via oposta possa embater de frente com a extremidade do terminal.



Figura 5.40 – Exemplo de aplicação de terminais num acesso à autoestrada (sentido único)

Para as guardas de segurança destinadas à contenção de veículos pesados o modo de ancoragem difere um pouco dos métodos utilizados para as guardas simples. No caso da ancoragem de uma guarda de segurança tipo BHO realizam-se os seguintes passos (SETRA, 1988) [19]:

- A viga superior é enterrada no solo através de um suporte encastrado num maciço de betão;
- A viga inferior deve ser prolongada no mínimo 28,0 metros para uma guarda de segurança simples de rigidez inferior.

Por analogia a guarda de segurança tipo BN4 deverá seguir as mesmas regras, tendo a sua viga superior enterrada no solo através de um suporte encastrado num maciço de betão, e as duas vigas inferiores devem ligar a uma guarda de segurança simples, assegurando a continuidade da proteção.

Tanto em Portugal, como em França, não estão definidas nas normas as classes de desempenho para terminais que devem ser utilizadas. Desta forma, para as estradas da RRN, as disposições normativas do InIR baseiam, as classes de desempenho para terminais, no limite de velocidade, como apresentado no Quadro 5.6.

Quadro 5.6 – Classes de desempenho para terminais, InIR [7]

Limite de velocidade no local	Classe de desempenho (EN 1317-4)
$v \leq 70$ km/h	P2
$70 < v \leq 90$ km/h	P3
$v > 90$ km/h	P4

Ainda no mesmo documento do InIR, são especificados requisitos de colocação de terminais para estradas da RRN, onde é indicada a necessidade de as guardas de segurança estarem sempre protegidas com um terminal, como se pode observar na Figura 5.41.

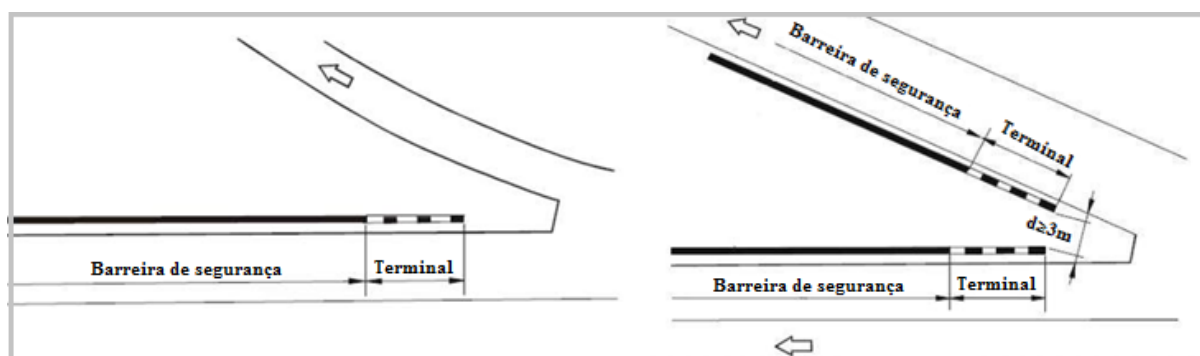


Figura 5.41 – Divergência com guardas de segurança e terminais, adaptado InIR [7]

Por vezes, são observados casos, onde a guarda de segurança termina de forma abrupta num muro de betão armado. Nestes casos, de acordo com o SETRA [18], é necessário ter em atenção alguns aspetos para se garantir a segurança e a continuidade dos esforços, entre a barreira e o muro:

- Assegurar um “deslizamento” contínuo do veículo entre a barreira, o seu terminal e o muro, ou seja, tentar que o muro funcione como um prolongamento da barreira;
- Permitir a passagem dos esforços de tração das vigas da barreira ao muro de betão;
- Reforço do muro por forma a dar um nível de retenção satisfatório, sem colocar em causa a estrutura.

Na Figura 5.42 é apresentada uma possível solução para a ligação entre uma guarda de segurança simples e um guarda de segurança rígida do tipo *New Jersey*.

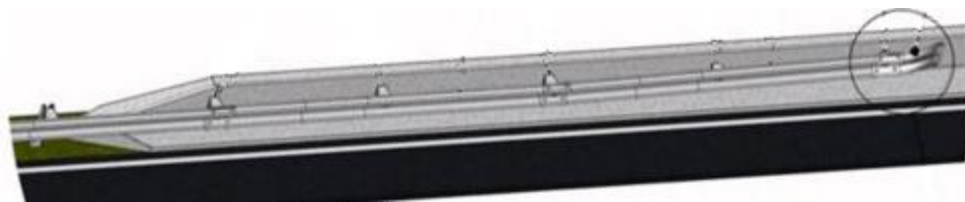


Figura 5.42 – Ligação entre guarda de segurança simples e *New Jersey*, catálogo fabricante [40]

Comparando a figura anterior com os exemplos apresentados na Figura 4.20 é possível se observar que no primeiro exemplo da Figura 4.20 a situação é a mais correta pois apresenta uma continuação da guarda de segurança simples ao longo do *New Jersey*, permitindo assim a continuidade pedida pelas normas, não existindo uma variação brusca na rigidez do sistema, como acontece no segundo exemplo da mesma figura.

5.5.7. NÍVEL DE CONTENÇÃO DESADEQUADO

A escolha do nível de contenção, para uma determinada situação, é uma análise complexa que contempla diversas variáveis como: o tipo de estrada, o TMDA, o TMDA(VP), a velocidade de circulação, a probabilidade de ocorrência de despiste, o tipo de obstáculo a proteger, etc. A adoção deficiente do nível de contenção, pode levar a que o veículo embata no obstáculo que se estava a tentar proteger.

Um exemplo desta situação encontra-se representado na Figura 4.24, uma situação de um prolongamento da guarda de segurança da plena via para uma obra-de-arte com um grande desnível, onde o nível de contenção está desajustado face ao perigo apresentado. É uma situação grave e apresenta perigo tanto para os veículos ligeiros, como para os pesados devido ao desajuste do nível de contenção.

No Capítulo 5.6 do presente documento são apresentados quadros propostos para a escolha do nível de contenção em função do obstáculo a proteger.

5.5.8. BOLEAMENTO DOS TALUDES E BISELAMENTO DOS PASSEIOS

Para além do dimensionamento do comprimento útil das guardas de segurança e dos critérios de aplicação destas, existem outros aspetos ligados ao dimensionamento e aplicação que não devem ser desprezados. Em plena via, a infraestrutura contempla, para além da plataforma, a área adjacente a esta, ou seja a AAFR. Nesta zona existem taludes, aos quais deve ser dada especial atenção.

Para que um veículo descontrolado recupere o controlo e não capote, é necessário eliminar os pontos de quebra entre a berma e o talude. Para eliminar esses pontos de quebra, procede-se ao boleamento destes como indicado na Figura 5.43, que apresenta o exemplo de um perfil transversal tipo, com recurso a guarda de segurança e tratamento dos pontos de quebra.

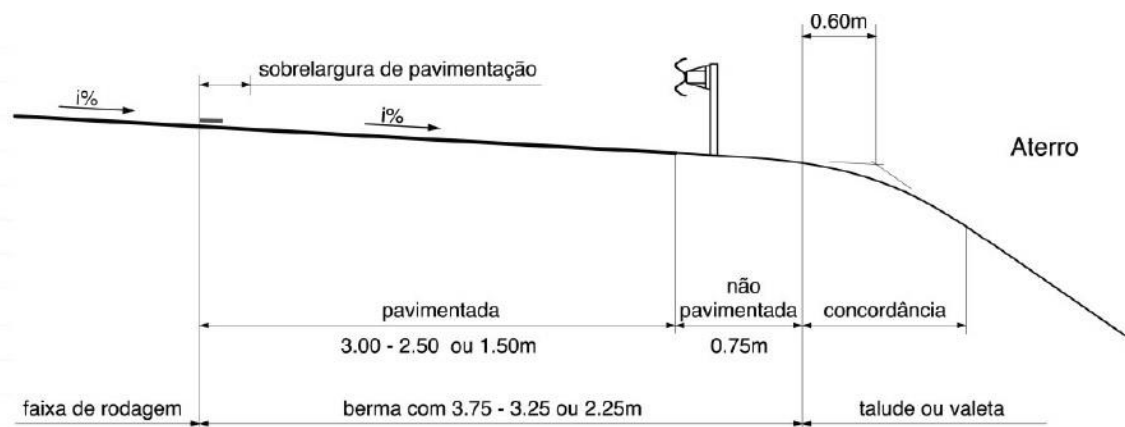


Figura 5.43 – Perfil transversal tipo com boleamento do talude, adaptado InIR [38]

Para além dos cuidados a ter com os taludes em plena via, existe uma outra situação muito comum nas obras-de-arte, que deve ser analisada. Esta situação está associada às transições, entre a plena via e a secção corrente da obra-de-arte, quando não existe passeio na plena via. Como já referido, mesmo em casos que não há circulação pedonal, é necessário se implementar um passeio de serviço na obra-de-arte. Sendo assim necessário no início do passeio, no sentido de circulação do tráfego, efetuar-se uma variação progressiva da sua altura, a fim de se evitar uma colisão entre o pneu do veículo e a “esquina” do passeio, tal como indicado no exemplo da Figura 5.44.

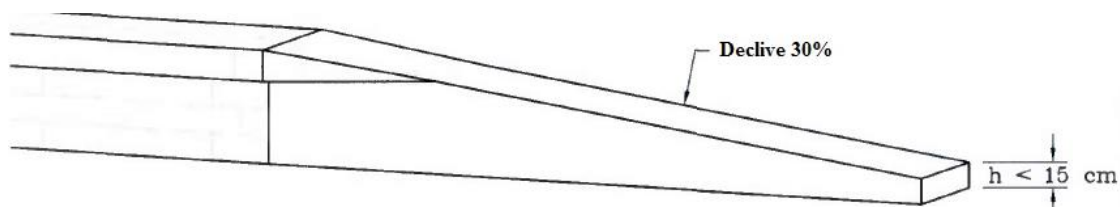


Figura 5.44 – Biselamento do passeio a montante da obra-de-arte, SETRA [17]

Por vezes, o início do passeio ocorre de forma abrupta, e um eventual choque com este, ou galgamento, pode levar ao capotamento do veículo ou redirecionamento deste para o centro da faixa de rodagem, colocando-o em conflito com o restante tráfego (ver Figura 5.45).



Figura 5.45 – Inexistência de biselamento no passeio do início da obra-de-arte



5.6. PROPOSTA DE ESCOLHA DO DISPOSITIVO DE RETENÇÃO LATERAL

Após se ter estudado os vários obstáculos presentes na AAFR, e analisado as necessidades de implementação do dispositivo e os modos de escolha do nível de contenção procedeu-se à realização de quadros resumo de modo a sintetizar toda a informação e facilitar a escolha da guarda de segurança mais adequada. Os quadros a seguir apresentados, resultam de uma junção dos obstáculos estudados e classificados pelo projeto europeu RISER [22], com o fluxograma de escolha do nível de contenção das guardas de segurança, das disposições normativas do InIR (SRR) [7].

Estes quadros visam facilitar a escolha de um sistema de retenção lateral, tendo em consideração o obstáculo a proteger e o perigo que este apresenta, de acordo com a respetiva velocidade de perigo. Para a determinação do nível de retenção apenas foi tido em consideração os limites de velocidade superiores a 80 km/h, visto serem as situações mais gravosas.

No Quadro 5.7 apresentam-se as propostas para escolha do nível de contenção para obstáculos pontuais.

Quadro 5.7 – Nível de contenção para obstáculos pontuais

Projeto RISER [22]		SRR – InIR [7]		
Obstáculos pontuais	Velocidade de perigo [km/h]	Limite de velocidade [km/h]	Nível de contenção	Observações
Árvores	40	80 - 100	N2	-
		>100	N2	Altura do talude <7m
			H1	Altura do talude >7m
Passagens inferiores		80 - 100	N2	
		>100	N2	Altura do talude <7m
			H1	Altura do talude >7m
Pedras de grandes dimensões	50	80 - 100	N2	-
		>100	N2	Altura do talude <7m
			H1	Altura do talude >7m
Pilares de pontes, pontões e viadutos	50	80 - 100	N2	-
		>100	N2	Altura do talude <7m
			H1	Altura do talude >7m
Postes de: - eletricidade - telefone - iluminação Pórticos de: - sinalização - sistema de CCTV	40	80 - 100	N2	-
		>100	N2	Altura do talude <7m
			H1	Altura do talude >7m
Órgãos de drenagem pontuais	50	>80	N2	-

Para os obstáculos lineares seguiram-se as mesmas diretrizes que para os obstáculos pontuais, mas consideraram-se mais duas variáveis, o TMDA e o TMDA(VP), que relacionadas com o limite de velocidade permitem a escolha do nível de retenção. No Quadro 5.8 são apresentadas as propostas para escolha do nível de contenção para obstáculos lineares.



Quadro 5.8 – Nível de contenção para obstáculos lineares

Projeto RISER [22]		SRR – InIR [7]			
Obstáculos lineares	Vel. de perigo [km/h]	Limite de vel. [km/h]	TMDA	Nível de contenção	Observações
Águas com profundidade superior a 1 m, águas agitadas adjacentes à faixa de rodagem	0	80 – 100	<3.000	-	Não requer SRR
			>3.000	N2	-
		>100	-	N2	-
Construções em áreas sensíveis: - zonas residenciais - edifícios públicos (escolas, hospitais, etc.) - edifícios em risco de colapso - zonas com perigo de explosão (ex.: paiol, armazém de substâncias inflamáveis e tóxicas)	0	>80	VP<3.000	H1	Área com probabilidade reduzida de despiste
			VP>3.000	H2	Área com probabilidade reduzida de despiste
			VP<3.000	H2	Área com probabilidade acrescida de despiste
			VP>3.000	H4b	Área com probabilidade acrescida de despiste
Filas de árvores e barreiras acústicas	40	80 - 100	-	N2	-
			-	N2	Área com probabilidade reduzida de despiste
		>100	-	H1	Área com probabilidade acrescida de despiste
Zonas adjacentes como: - Ciclovias - Promenades e passeios - Estradas com TMDA >500 veículos/dia - Vias férreas com fluxo superior a 30 comboios/dia	0	80 - 100	<3.000	-	Área com probabilidade reduzida de despiste, não requer SRR
			>3.000 e VP<500	N2	-
			>3.000 e VP>500	H1	-
		>100	VP<3.000	H1	-
			VP>3.000	H2	-
Muros de contenção (a menos de 1,5 metros da faixa de rodagem)	-	80 – 100	<3.000	-	Não requer SRR
			>3.000	N2	-
		>100	-	N2	-
Taludes: - Aterro h>3m e i>1V:3H - Escavação i>1V:3H - Escavação em rocha e muros em rocha	40	80 – 100	<3.000	-	Não requer SRR
			>3.000	N2	-
		>100	-	N2	-
Valetas (h>0,75m e i> 1:3)	40	80 – 100	<3.000	-	Não requer SRR
			>3.000	N2	-
		>100	-	N2	-
Vias férreas de alta velocidade	0	>80	<3.000	H1	Área com probabilidade reduzida de despiste
			>3.000	H2	Área com probabilidade reduzida de despiste
			<3.000	H2	Área com probabilidade acrescida de despiste
			>3.000	H4b	Área com probabilidade acrescida de despiste



5.7. RESUMO

A utilização de dispositivos de contenção é essencial para a proteção dos ocupantes dos veículos descontrolados. A aplicação destes é efetuada apenas como recurso, na impossibilidade de remoção dos obstáculos da AAFR, ou neutralização destes, para que não apresentem perigo. A seleção do dispositivo deve obedecer a três critérios fundamentais: necessidade de colocação, escolha do nível de contenção e determinação do comprimento da guarda de segurança necessário.

Para a seleção do tipo de guarda de segurança é necessário avaliarem-se vários critérios, entre eles o TMDA e o TMDA(VP), de forma a poder escolher-se o nível de contenção, de acordo com o tipo de tráfego que circula na estrada. Um outro fator em análise é o espaço existente entre a guarda de segurança e o obstáculo, para a determinação da largura útil do dispositivo. Deve-se ainda ter em atenção a questão estética e tentar integrar a guarda de segurança na sua envolvente.

Para o dimensionamento do comprimento da guarda de segurança, utilizaram-se as fórmulas do projeto RISER. Relativamente aos critérios de aplicação, as referências consideradas foram os cadernos de encargos da EP e as normas francesas do SETRA. Com base nestes documentos, preestabeleceu-se um conjunto de critérios de aplicação referentes à instalação das guardas de segurança e as transições entre diferentes dispositivos.

Para verificar a aplicabilidade destes critérios foram verificados casos práticos avaliando-se a uniformidade da aplicação. Para cada uma das situações em que se detetou falta de uniformidade na aplicação, foram identificados os critérios a serem cumpridos, para o correto funcionamento do sistema de contenção.

Por fim, com base no projeto RISER e na norma dos SRR do InIR apresentam-se quadros que visam facilitar a escolha do nível de contenção da guarda de segurança de acordo com o tipo de obstáculos a proteger (linear ou pontual).



6. CONCLUSÕES

6.1. RESUMO GERAL DO TRABALHO

Não se pode falar de sistemas de retenção rodoviários, sem se abordar a temática da sinistralidade rodoviária. Os sistemas de retenção são concebidos e aplicados para mitigar a gravidade dos acidentes, em especial dos despistes de veículos, que são o tipo de acidente que mais vítimas mortais causa em Portugal. Mas este não é apenas um problema nacional, é um problema à escala mundial, e que tem levado ao estudo e criação de planos para redução do número de acidentes rodoviários. A UE elaborou um plano que visa envolver todos os estados-membros em torno desta temática, e que define estratégias a serem adotadas para se reduzir, até 2020, o número de vítimas mortais para 15.750, metade do valor registado em 2010.

Em Portugal, também têm sido desenvolvidos inúmeros esforços, neste âmbito da redução da sinistralidade rodoviária, que até 2014 surtiu efeitos positivos, alcançando a meta preestabelecida pela ENSR, de 62 mortos por milhão de habitantes. No entanto, no presente ano de 2015, a tendência inverteu, e nestes primeiros meses tem-se vindo a observar o aumento do número de acidentes e vítimas mortais. O que leva a que sejam estudadas novas soluções para redução da sinistralidade rodoviária.

Com intuito de contribuir com possíveis soluções para mitigação dos acidentes rodoviários, foi desenvolvido o presente trabalho, com o tema “Dispositivos de Segurança em Infraestruturas Rodoviárias – Critérios de Aplicação”. Com base nos dados da ANSR, sobre os acidentes rodoviários que envolviam despistes em locais, com ou sem dispositivos de segurança, e tendo em consideração a RRN, que está sob gestão direta do IP, foi possível aperceber-se da importância, e a dimensão que os dispositivos de retenção rodoviários apresentam para a conceção de uma infraestrutura segura para o utilizador.

Foi com base nos dados do IP, a concessionária da RRN, que se observou que a grande maioria dos dispositivos de retenção lateral, utilizados na rede viária, são guardas de segurança semi-flexíveis. Partindo então dessa observação, analisaram-se vários documentos e estudaram-se situações práticas, de aplicação destes dispositivos, com a finalidade de se poder reunir toda a informação necessária, num só documento, para a escolha e aplicação das guardas de segurança semi-flexíveis. Esta compilação de informação visa facilitar todo o processo, que vai desde o estudo do local e dos obstáculos a proteger, à escolha do tipo de dispositivo a utilizar e finalizando com os critérios de aplicação a serem seguidos, para o correto funcionamento do dispositivo de segurança.

No âmbito dos dispositivos de segurança e de acordo com vários contratos de concessões rodoviárias é referido que em caso de omissão no normativo nacional devem ser utilizadas a normas francesa do SETRA, “(...) em casos omissos e por falta de acordo entre a concessionária e a Junta Autónoma de



Estradas, deverão ser as que estiverem em vigor nos países da CEE, designadamente as do Serviço d'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA)". Nesse sentido, os critérios de dimensionamento das guardas de segurança e os critérios de aplicação foram estabelecidos com base nas normas francesas e em estudos europeus desenvolvidos recentemente, nomeadamente no que se refere à definição da altura dos prumos, o afastamento entre estes, a largura útil a cumprir, a correta transição entre guardas de segurança de diferentes tipos e as regras de execução dos terminais.

Desta forma considera-se que o objetivo principal deste trabalho foi atingido, com a elaboração de uma esquematização que evidencia os critérios necessários a cumprir na aplicação dos dispositivos de segurança, por forma a garantir uma uniformidade na sua aplicação e contribuir de forma positiva para a mitigação da gravidade dos acidentes.

Para além da definição de critérios, pretendia-se também efetuar uma análise da realidade portuguesa, nomeadamente com o estudo dos diferentes tipos de dispositivos fabricados em Portugal. No entanto, a falta informação, tanto a nível de catálogos, como de fichas de homologação, não permitiu criar uma relação direta entre os obstáculos e o tipo de guarda de segurança a ser utilizado. Assim, definiu-se apenas uma relação entre os obstáculos e o nível de contenção necessário para a correta proteção destes.

Deste trabalho, também se concluiu que existe uma falta de critério na aplicação dos dispositivos de retenção lateral, não só em autoestradas, como também em vias de comunicação com uma importância hierárquica mais baixa. O que demonstra uma falta de conhecimento e de documentos, que uniformizem as várias fases de seleção e colocação da guarda de segurança. Isto tem consequências negativas para a sociedade, pois um embate com um dispositivo de retenção mal aplicado pode trazer consequências graves para os ocupantes do veículo. Desta forma, em vez de se contribuir para redução da sinistralidade rodoviária, agrava-se a situação.

6.2. IDEIAS PRINCIPAIS

Da apreciação global deste trabalho, é possível retirar cinco ideias chave que estiveram na base de todo este documento, que vão desde a preocupação com a sinistralidade rodoviária à importância da correta aplicação dos dispositivos de segurança. Estas "ideias a retirar", descrevem os principais aspetos abordados sobre o assunto, e são as seguintes:

Redução da sinistralidade rodoviária

A sinistralidade rodoviária representa um flagelo para a sociedade, em 2004, os acidentes de tráfego eram considerados a nona principal causa de morte no mundo. A Organização Mundial da Saúde (OMS)



prevê que, em 2030, os acidentes de tráfego serão a quinta causa de morte no mundo, passando à frente do número de mortos causados por doenças como a tuberculose e o HIV/Sida.

Em Portugal, o custo económico e social anual de um acidente rodoviário é em média cerca de 2.500 milhões de euros, o que em 2010 representava 1,54% do Produto Interno Bruto (PIB), segundo (Donário *and* Santos, 2012) [41]. Em média, por vítima mortal, o custo económico e social anual médio é de 60 mil euros. Estes valores representam os custos patrimoniais e custos não patrimoniais, como é caso dos danos morais. É importante e urgente tomada de medidas para reduzir o número de mortos nas estradas.

Normalização existente

A UE, nos aspetos referentes à infraestrutura, veio harmonizar um conjunto de documentos e normas, dos vários estados-membros, numa única norma europeia, a EN 1317. Esta norma veio uniformizar os métodos de ensaio dos dispositivos de retenção rodoviários, que trouxe um contributo muito importante para a aplicação destes, pois os produtos homologados de acordo com esta norma podem circular livremente no espaço europeu.

Para além das normas europeias, referentes aos ensaios dos sistemas de retenção rodoviários, existem as disposições normativas portuguesas do InIR para a AAFR e para os dispositivos de retenção, que também referem alguns dos aspetos presentes na EN 1317, e que permitem apoiar a decisão da necessidade de implementação destes dispositivos e na escolha do seu nível de contenção. Relativamente aos critérios de aplicação dos dispositivos, alguns dos documentos contratuais das concessões rodoviárias remetem os projetistas para as normas francesas do SETRA, onde estão indicadas as condições de aplicação das guardas de segurança e as condições de transição entre diferentes tipos de dispositivos de retenção.

Existem também estudos europeus, como é o exemplo do projeto RISER, que define métodos de dimensionamento do comprimento e terminais das guardas de segurança, com base em estudos realizados nos vários estados-membros.

Estudo da AAFR e classificação dos obstáculos

A construção de uma AAFR tolerante deverá ser sempre o principal objetivo, no caso de novos projetos ou de reabilitação de estradas existentes. Mas infelizmente, por vezes, não é possível a construção de uma AAFR livre de obstáculos. Nessa impossibilidade, é importante a correta classificação dos obstáculos, identificando os perigos que estes apresentam para os veículos descontrolados. É com base



no nível de perigo, que os obstáculos representam, que será escolhido o tipo e o nível de contenção do dispositivo a utilizar.

A distinção entre obstáculos pontuais e obstáculos lineares é importante, pois é a partir da dimensão do obstáculo que se dimensiona o comprimento útil da guarda de segurança. Só assim é possível garantir, que o dispositivo após implementado no local irá funcionar corretamente. Do que se observou, no desenvolvimento do presente trabalho, muitas vezes o perigo dos obstáculos é subestimado, adotando-se dispositivos inadequados.

Escolha do dispositivo de retenção

Após se ter concluído sobre a necessidade de implementação do dispositivo de retenção lateral, é necessário proceder à escolha do tipo de guarda a utilizar. Esta escolha deve contemplar um conjunto de fatores sobre as características da infraestrutura, as características do tráfego e das condições climáticas do local. Só após contempladas todas estas variáveis é possível se decidir sobre o tipo de dispositivo a utilizar. No caso das guardas de segurança semi-flexíveis, a verificação do espaço existente entre a guarda e o obstáculo a proteger é de grande importância, este não deve ser inferior à largura útil do dispositivo, para se garantir o correto desempenho.

A escolha do nível de contenção está igualmente dependente de um conjunto de fatores, ligados às características do obstáculo a proteger e às características do tráfego no troço em estudo. Em Portugal, a grande maioria dos dispositivos existentes na RRN têm níveis de contenção N2 e H2, sendo o nível N2 utilizado para situações de perigo considerado normal, para a proteção, essencialmente, dos veículos ligeiros. O caso do nível de contenção H2, é utilizado em situações de perigo acrescido, tendo uma contenção considerada elevada, ideal para a proteção de veículos pesados, usualmente utilizado em obras-de-arte superiores a linhas de água, linhas férreas, autoestradas, estradas de grande importância, com grandes volumes de tráfego e áreas habitacionais ou de interesse público.

É de notar, que em muitas das situações observadas, eram adotados dispositivos para proteção de veículos ligeiros, negligenciando o perigo, que esses mesmos obstáculos apresentam para os veículos pesados.

Proposta de critérios de aplicação

Após escolhido o dispositivo de retenção a utilizar, é essencial proceder-se ao dimensionamento do comprimento útil necessário para proteção do obstáculo. Neste documento é abordado o método de cálculo presente nas normas do InIR, sobre os SRR, que é modelo adaptado do projeto RISER. Após dimensionado o comprimento útil, deve-se dimensionar os terminais, este dimensionamento depende do



tipo de via, se é uma via com apenas uma faixa de rodagem ou duas faixas de rodagem. No caso das vias com uma única faixa de rodagem, as extremidades da guarda de segurança devem ser ambas enterradas no solo, já as vias de dupla faixa de rodagem, apenas a extremidade no sentido de circulação do tráfego deve ser enterrada.

Relativamente à altura mínima da guarda de segurança e o afastamento entre prumos, estes aspetos estão definidos no caderno de encargos da EP. A largura útil depende do tipo de dispositivo, esta normalmente deve ser indicada na ficha de homologação do equipamento, juntamente com o cumprimento mínimo de ensaio.

No caso das transições, estas encontram-se específicas das normas do SETRA, dando exemplos para a ligação entre dispositivos diferentes. As transições, tal como os terminais, são zonas muito sensíveis que requerem um especial cuidado, pois são nestes locais que os níveis de contenção são normalmente inferiores, ao nível de contenção existente ao longo do comprimento útil do dispositivo. A correta transição entre dispositivos deve assegurar uma continuidade estrutural, que não coloque em perigo os ocupantes dos veículos descontrolados.

6.3. PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

O paradigma atual mudou e neste momento a importância da operação e manutenção das vias de comunicação tem vindo a crescer. Cada vez mais a beneficiação e reabilitação de estradas são alvo de investimento. Ou seja, Portugal está a caminhar para uma fase onde a expansão da RRN irá estagnar e irá assistir-se a um crescimento da reabilitação das vias já existentes.

Na beneficiação e reabilitação de vias o projeto de dimensionamento e aplicação de guardas de segurança continua a ter uma forte importância, pois estes dispositivos são cruciais para a redução da gravidade dos acidentes, em especial em vias onde a largura da área adjacente à faixa de rodagem tem dimensões muito inferiores às sugeridas pelas normas e estudos europeus.

Desta forma, realça-se a importância de um documento que junte toda a informação relativa ao dimensionamento e aplicação dos dispositivos de segurança rodoviários para facilitar o projeto. Estes critérios devem ser os mais universais possíveis, sugerindo-se uma norma europeia que venha, tal como a EN1317 (relativa aos ensaios), uniformizar a aplicação das guardas de segurança. Um pouco à semelhança do que acontece em outras áreas da engenharia civil com a utilização dos Eurocódigos.

É igualmente importante se alterar os programas universitários e começar a abordar as questões relacionadas com a segurança rodoviária. Pois estes aspetos são muito importantes tanto para a fase de projeto como de auditorias e inspeções de segurança rodoviárias que estão a ganhar uma forte importância do ponto de vista da operação e manutenção, não só em Portugal como em outros países



européus. O novo paradigma passará pela reavaliação de pontos críticos nas estradas com vista a redução da sinistralidade rodoviária.

Apesar de se ter assistido a uma melhoria considerável no estudo dos acidentes em Portugal, através da introdução dos boletins de registo de acidentes (BEAV) que permitem perceber a natureza do acidente e as condições em que este ocorreu, existem ainda melhorias que poderiam ser realizadas nesta área. O acompanhamento e estudo do acidente deveriam abordar as questões de segurança, existentes no local, em termos de dispositivos de retenção. É necessário se avaliar se os dispositivos funcionaram de acordo com o que era expectável, ou se não existiam no local e se a sua ausência contribuiu para a gravidade do acidente. Este estudo mais aprofundado sobre os sistemas de segurança, iria permitir a tomada de conhecimento acerca dos dispositivos, se estes se encontravam bem implementados ou se é necessário proceder-se à sua alteração.

Relativamente às perspetivas de desenvolvimento futuro do presente trabalho, seria possível, caso existisse um estudo mais aprofundado dos acidentes, definirem-se mais critérios de aplicação que fossem de encontro com as necessidades detetadas na RRN. Esta definição de critérios iria permitir uma melhor utilização dos dispositivos de retenção lateral e reduzir o número de situações não uniformes detetadas.

Com um conhecimento mais aprofundado da situação real da rede rodoviária, e na presença de catálogos e fichas de homologação dos produtos, seria possível criar uma ligação direta entre o nível de contenção necessário e o equipamento a utilizar. Isto permitiria a elaboração de quadros mais complexos, que relacionassem o obstáculo e a respetiva velocidade de perigo deste, o limite de velocidade da via, o nível de contenção necessário e os sistemas de retenção existentes a nível nacional que se adequam a cada situação. Tudo isto poderia ser ampliado a toda a Rede Rodoviária Nacional, não apenas às autoestradas, como retrata o presente documento.

Por fim, poder-se-ia, ainda, estudar os sistemas de retenção lateral presentes em espaço europeu que se encontrem homologados pela EN 1317, e efetuar sugestões de soluções que pudessem ser adaptadas à realidade portuguesa, nomeadamente no que se refere a equipamentos de transição entre dispositivos de segurança diferentes. Isto viria a facilitar as ligações entre diferentes dispositivos, que é problema que facilmente pode ser observado nas estradas portuguesas.

Medidas genéricas para redução da sinistralidade rodoviária

Como foi referido ao longo de todo o documento, a redução da sinistralidade rodoviária é um aspeto muito importante. É crucial a contínua cooperação dos estados-membros com a UE, para em conjunto, se poderem delinear estratégias de combate aos acidentes rodoviários. Existem vários casos de sucesso,



em países europeus, como é o caso da Suécia, Holanda e Reino Unido, que reduziram fortemente o número de vítimas mortais nas estradas, nos últimos anos. É importante o estudo das estratégias utilizadas, por esses países, e tentar adaptá-las à realidade de outros países.

A *Visão Zero* é a política implementada na Suécia para a redução da sinistralidade rodoviária, e consiste em eliminar todas as possibilidades de existência de erro humano, e reduzir os danos físicos nos acidentes que ocorrem inevitavelmente. Esta política visa também a responsabilização, de todas as partes envolvidas na sinistralidade rodoviária, desde o condutor ao veículo, passando pela infraestrutura. No caso da Holanda, esta tem uma política muito semelhante à *Visão Zero*, o programa *Segurança Sustentável*. Este programa visa prevenir os acidentes, e nessa impossibilidade, procurar medidas para minimizar as suas consequências. Estes programas têm sido adaptados e utilizados por outros países da UE, visto o seu grande sucesso na redução da sinistralidade rodoviária.

A ANSR tem efetuado um constante esforço para sensibilização dos condutores, e tentar mudar os hábitos de condução nacionais. Para isso, implementou um novo regime de carta de condução que irá entrar em vigor a 1 de Junho de 2016, a carta de condução por pontos. São atribuídos inicialmente 12 pontos aos condutores, e estes pontos diminuem conforme as contraordenações registadas. Isto penaliza os condutores que mais cometem infrações, pois quando atingirem os quatro pontos, têm de frequentar ações de formação de segurança rodoviária, quando atingem apenas dois pontos, têm de realizar um novo exame de código e se perderem todos os pontos, perdem também o título de condução.

No que concerne aos critérios de aplicação de dispositivos de segurança, os cadernos de encargos tipo obra da EP, referentes aos equipamentos de sinalização e segurança, necessitam de ser atualizados e adaptados à realidade nacional. Os referentes aos equipamentos de segurança são muito sucintos, não mencionando alguns aspetos importantes das características dos materiais e métodos construtivos. Estes capítulos devem ser adaptados à realidade portuguesa e mais rigorosos, especialmente no que se refere às normas e regulamentos. É necessário fazer referência à EN 1317 e às recomendações normativas existentes em Portugal, exigindo ainda a apresentação das fichas de ensaio dos produtos.

É também necessário introduzir os níveis de contenção dos dispositivos e adequá-los às situações que devem ser utilizados. Pois os dispositivos a serem utilizados diferem, de acordo com o seu nível de contenção, e devem ser diferenciados quanto ao seu tipo de aplicação. No caderno de encargos da EP no volume referente aos métodos de construção, é também importante se introduzir a obrigatoriedade do ensaio ao solo, para se garantir uma correta ancoragem dos prumos e detalhar os diferentes tipos de guardas de segurança e transições, de forma a facilitar a implementação dos dispositivos.

No que se refere às recomendações normativas portuguesas do InIR, estas podem ser aperfeiçoadas, acrescentando aspetos referentes à seleção do tipo de guarda de segurança, pormenorizando os obstáculos existentes na AAFR e relacionando-os com o nível de contenção adequado. Deveriam ainda



ser revistas algumas situações que não se encontram em conformidade, entre a norma referente aos SRR e a norma referente à AAFR, em que as velocidades mínimas para a necessidade de adoção de um sistema de retenção não correspondem às velocidades de perigo mínimas para os mesmos obstáculos.

Em semelhança com o que acontece com as normas do SETRA, as disposições normativas portuguesas, deveriam englobar também os vários tipos de dispositivos fabricados em Portugal e relacioná-los com situações em que podem ser encontrados. Isto facilitava a escolha e implementação destes. Uma outra temática, que deveria ser contemplada nestas normas, é a transição entre diferentes tipos de dispositivos, estas transições deveriam ser detalhadas nas normas, para facilitar posteriormente a aplicação em obra.

Há também que alertar os projetistas para a necessidade de requererem as fichas de homologação do produto, para conhecerem as condições de colocação (comprimento, largura úteis e o nível de gravidade da colisão) que foram testadas nos ensaios de choque. É importante se garantir, que todos os produtos que são aplicados estão de acordo com as normas europeias e que cumprem todos os requisitos de segurança.

Finalmente, há que salientar a importância de criar legislação mais adequada, e que vá de encontro com as necessidades de segurança dos vários tipos de infraestruturas. É muito importante tornar claras as situações onde é necessária a utilização de dispositivos de segurança e facilitar a escolha do tipo e do nível de retenção do equipamento. Pois só assim, será possível se ter estradas seguras, que combatam a sinistralidade rodoviária através da mitigação da gravidade do acidente.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comissão Europeia, “Rumo a um Espaço Europeu de Segurança Rodoviária: Orientações para a Política de Segurança Rodoviária de 2011 a 2020,” Comissão Europeia, Bruxelas, 2010.
- [2] Comissão Europeia, “Carta Europeia da Segurança Rodoviária,” [Online]. Available: <http://www.erscharter.eu/pt>. [Acedido em Agosto 2015].
- [3] E. Commission, “Road Safety in the European Union - Trends, Statistics and Main Challenges,” European Commission Mobility and Transport DG, Brussels, 2015.
- [4] Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária (ANSR), “ENSR - Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária 2008 - 2015,” Ministério da Administração Interna, Lisboa, 2009.
- [5] Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, [Online]. Available: <http://www.ansr.pt>. [Acedido em Julho 2015].
- [6] Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), “Anuário de Segurança Rodoviária 2013,” Ministério da Administração Interna, Lisboa, 2014.
- [7] J. L. Cardoso e C. Roque, Sistemas de Retenção Rodoviários, Lisboa: InIr - Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, IP, 2010.
- [8] EN 1317-1, Road Restraint Systems - Part 1: Terminology and General Criteria for Test Method, Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2010.
- [9] EN 1317-2, Road Restraint Systems - Part 2: Performance Classes, Impact Test Acceptance Criteria and Test Methods for Safety Barriers, Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2010.
- [10] EN 1317-3, Road Restraint Systems - Part 3: Performance Classes, Impact Test Acceptance Criteria and Test Methods for Crash Cushions, Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2007.
- [11] EN 1317-4, Road Restraint Systems - Part 4: Performance Classes, Impact Test Acceptance Criteria and Test Methods for Terminals and Transitions of Safety Barriers, Brussels: European Committee for Standardization (CEN), 2002.
- [12] Junta Autónoma de Estradas (JAE), Norma de Traçado, Lisboa: JAE, 1994.
- [13] J. L. Cardoso e C. Roque, “Área Adjacente à Faixa de Rodagem - Manual sobre Aspectos de Segurança,” InIR - Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, I.P., Lisboa, 2011.
- [14] Estradas de Portugal, IP, Caderno de Encargos Tipo Obra Volume VII Capítulo 14 - Equipamentos de Sinalização e Segurança, Lisboa: Estradas de Portugal, IP, 2010.
- [15] Estradas de Portugal, IP, Caderno de Encargos Tipo Obra Volume VII Capítulo 15 - Equipamentos de Sinalização e Segurança, Lisboa: Estradas de Portugal, IP, 2010.
- [16] Estradas de Portugal, IP, Caderno de Encargos Tipo Obra Volume VII Capítulo 16 - Equipamentos de Sinalização e Segurança, Lisboa: Estradas de Portugal, IP, 1998.
- [17] Service D'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Barrières de Sécurité Pour la Retenue des Véhicules Légers Barrières de Niveau N en Accotement Aménagement en TPC, France: SETRA, 2001.
- [18] Service D'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Barrières de Sécurité Pour la Retenue des Poids Lourds Barrières de Niveau H2 ou H3, France: SETRA, 1999.



- [19] Service D'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Dispositifs de Retenue des Véhicules: Conditions d'Agrément et d'Emploi, Fascicule 2 - Dispositifs de Retenue Latéraux Métalliques, France: Ministère de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du territoire et des Transports, 1988.
- [20] Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR), “Relatório Anual de Segurança Rodoviária 2014,” Ministério da Administração Interna, Lisboa, 2015.
- [21] Á. Seco, S. Ferreira, A. B. Silva e A. P. Costa, Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária - Segurança Rodoviária, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDRN) e Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, 2008.
- [22] European Community R&TD Project, 5th Framework Programme "Growth", Project "RISER" GRD2/2001/50088, D06: European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads, Chalmers University of Technology on behalf of the RISER Consortium, 2005.
- [23] J. L. Cardoso, Inspeções de Segurança Rodoviária - Manual de Aplicação, Lisboa: InIR - Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, I.P., 2011.
- [24] U.S. Department of Transportation, “Federal Highway Administration (FHWA),” [Online]. Available: <http://www.fhwa.dot.gov>. [Acedido em Agosto 2015].
- [25] Artefactos de Betão de Penafiel, S.A., “Betafiel,” [Online]. Available: <http://www.betafiel.pt>. [Acedido em Agosto 2015].
- [26] Fundación Cidaut, “Fundación Cidaut: Investigación y desarrollo en transporte y energia,” [Online]. Available: <http://www.cidaut.es>. [Acedido em Junho 2015].
- [27] NP EN 1317-2, Sistemas de Segurança Rodoviária - Parte 2: Classes de Desempenho, Critérios de Aceitação do Ensaio de Colisão e Métodos de Ensaio para Barreiras de Segurança, Lisboa: Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2010.
- [28] NP EN 1317-4, Sistemas de Segurança Rodoviária - Parte 4: Classes de Desempenho, Critérios de Aceitação do Ensaio de Choque e Métodos de Ensaio para Terminais e Transições de Barreiras de Segurança, Lisboa: Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2007.
- [29] Transpolis, “Transpolis: mobilité urbaine et équipements de la route,” [Online]. Available: <http://www.transpolis.fr>. [Acedido em Junho 2015].
- [30] PG-3 Pieglo de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, Espanha: LITEAM, 2002.
- [31] Nota de Servicio 5/2012 - Recomendaciones para la Redacción del Apartado "Barreras de Seguridad" del Anejo "Señalización, balizamiento y defensas" de los Proyectos de la Dirección General de Carreteras, Espanha: Ministerio de Fomento - Secretaria de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, 2012.
- [32] R. Rocio, “Auditorias e Inspeções de Segurança Rodoviária - Enquadramento Legal,” em *Fórum de Auditores de Segurança*, Lisboa, 2014.
- [33] E. Nabais, “Sistemas de Retenção Rodoviários,” Lisboa, 2014.
- [34] Metalocar, *Catálogo de Dispositivos de Segurança Rodoviária*, Porto.
- [35] Metalgalva, *Catálogo de Dispositivos de Segurança Rodoviária*, Porto, 2011.
- [36] “Grupo Carmo, S.A.,” [Online]. Available: <http://www.carmo.com/>. [Acedido em Agosto 2015].



- [37] J. L. Cardoso, “Área Adjacente à Faixa de Rodagem - Introdução às Normas Europeias Relevantes,” Lisboa, 2014.
- [38] LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, IP e ENGIVIA - Consultores de Engenharia, S.A., Norma de Traçado - Revisão, Lisboa: InIR - Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias, IP, 2010.
- [39] Service D'Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Handling Lateral Obstacles on Main Roads in Open Country - Guidelines, France: Ministère de l'Écologie du Développement et de l'Aménagement Durables, 2007.
- [40] “Solosar - Équipements de voirie, sécurité, aménagement,” [Online]. Available: Solosar. [Acedido em Setembro 2015].
- [41] A. A. Donário e B. R. Santos, “O Custo Económico e Social dos Acidentes de Viação em Portugal,” Autoridade Nacional para a Segurança Rodoviária (ANSR) e Universidade Autónoma de Lisboa (UAL), Lisboa, 2012.

BIBLIOGRAFIA

- Assembleia da República, Projeto de lei nº 383/IX - Colocação de Guardas de Segurança Metálicas nas Vias de Comunicação Públicas, Integradas ou não na Rede Rodoviária Nacional, Contemplando a Perspetiva da Segurança dos Veículos de Duas Rodas, Lisboa: Diário da República, 2003.
- C. A. Roque e J. L. Cardoso, “Critérios de Segurança para a Área Adjacente à Faixa de Rodagem,” Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P., Lisboa.
- C. A. Roque e J. L. Cardoso, “Recomendações para Seleção e Colocação de Sistemas de Retenção Rodoviários de Veículos,” Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P., Lisboa.
- C. A. Roque, R. T. Raz e T. Espírito Santo, “As condições de Fundação dos Prumos e o Desempenho das Guardas de Segurança Flexíveis,” Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P., Lisboa.
- Cerema - Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement, “DTEF - Documentation des Techniques Routières Françaises,” [Online]. Available: <http://dtrf.setra.fr>. [Acedido em Fevereiro 2015].
- Circulaire nº88-49 du 9 du Mai 1988 - Instruction Relative à L'Agrément et aux Conditions D'Emploi des Dispositifs de Retenue des Véhicules Contre les Sorties Accidentelles de Chaussée, France: Ministère de L'Équipement, du Logement, de L'Aménagement du Territoire et des Transports, 1988.
- “Comissão Europeia,” [Online]. Available: <http://ec.europa.eu>. [Acedido em Maio 2015].
- D. Palma, Dissertação para obtenção ao grau de mestre em Engenharia Civil - Equipamentos de Segurança para Estradas - Guardas Metálicas e Saias Metálicas, Lisboa: IST - Instituto Superior Técnico, 2009.
- Direção de Planeamento (DLP) e Gabinete de Controlo de Gestão e Sistemas de Informação (GCGSI), “Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional - 2012 e 2013,” Instituto da Mobilidade e dos Transportes, IP (IMT), Lisboa, 2014.



Diretiva do Conselho de 28 de Março de 1983 (83/189/CEE), Bruxelas: Comité Europeu de Normalização (CEN), 1983.

European Commission, “Road Safety in the European Union - Trends, statistics and main challenges,” European Commission Mobility and Transport DG, Brussels, 2015.

Gobierno de España, “Ministerio de Fomento,” [Online]. Available: <http://fomento.es>. [Acedido em Junho 2015].

Ministério da Economia, Decreto-lei nº 112/2015, de 19 de junho, Lisboa: Diário da República, 2015

Ministério das Finanças e do Plano e da Habitação e Obras Públicas, Decreto Regulamentar nº5/81, de 23 de janeiro, Lisboa: Diário da República, 1981

Ministério das Finanças, Decreto-lei 294/97, de 24 de Outubro, Lisboa: Diário da República, 1997.

Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, Decreto-lei nº 86/2008, de 28 de maio, Lisboa: Diário da República, 2008.

Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, Decreto-lei nº 242/2006, de 28 de dezembro, Lisboa: Diário da República, 2006.

Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, Decreto-lei nº 44-F/2010, de 5 de maio, Lisboa: Diário da República, 2010.

Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Decreto Regulamentar nº3/2005, de 10 de Maio, Lisboa: Diário da República, 2005.

Ministério do Equipamento Social, Decreto-lei nº 458/85, de 30 de outubro, Lisboa: Diário da República, 1985.

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, Décision d'agrément nº BN4/16-06-08 du 13 février 2009 relative à la barrière de sécurité métallique modèle "BN4/16", França: Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, 2009.

NP EN 1317-1, Sistemas de Segurança Rodoviária - Parte 1: Terminologia e Critérios Gerais para Métodos de Ensaio, Lisboa: Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2010.

NP EN 1317-3, Sistemas de Segurança Rodoviária - Parte 3: Amortecedor de Choque - Classes de Desempenho, Critérios de Aceitação do Ensaio de Choque e Métodos de Ensaio, Lisboa: Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2007.

Residência do Conselho de Ministros, Decreto-lei nº 248-A/99, de 6 de julho, Lisboa: Diário da República, 1999.

World Health Organization, “Decade of Action for Road Safety 2011 - 2020: Saving Millions of Lives,” World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2011.



ANEXOS



ANEXO A – ESQUEMAS DE MONTAGEM DE

GUARDAS DE SEGURANÇA

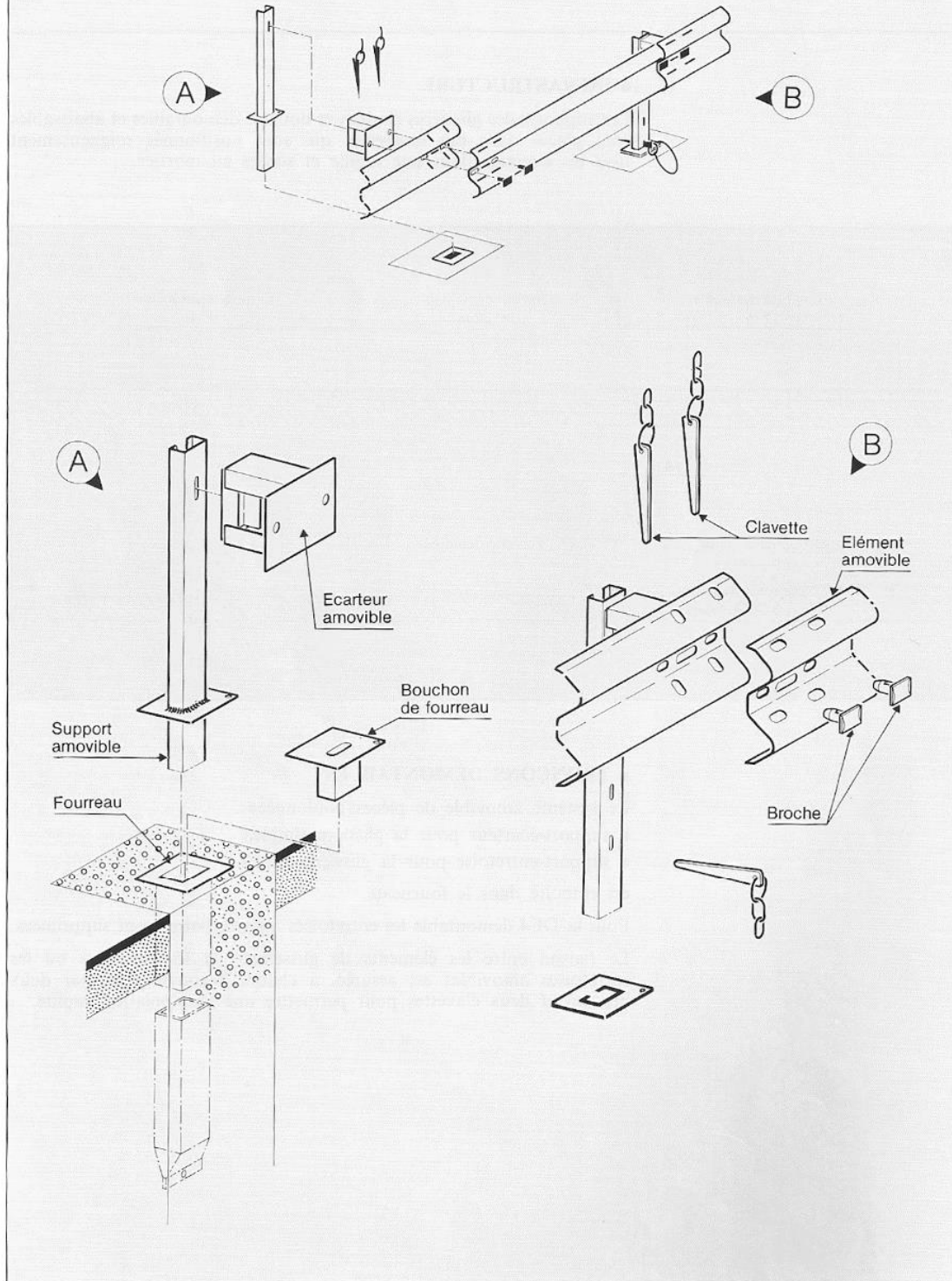


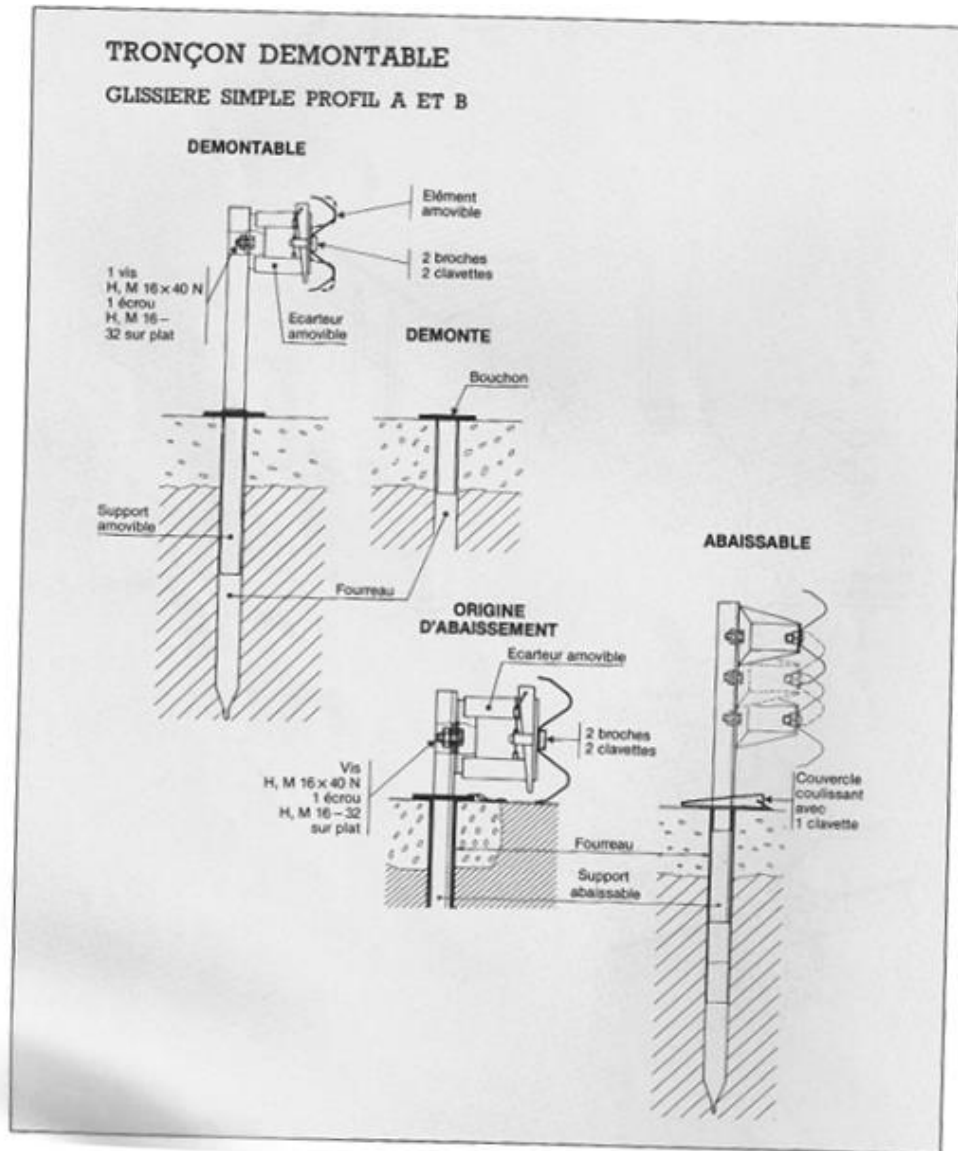
Guarda de segurança amovível (passagens de emergência)

Os esquemas de montagens referentes às guardas de segurança amovíveis foram retirados da norma “*Dispositifs de Retenue des Véhicules: Conditions d'Agrément et d'Emploi, Fascicule 2 - Dispositifs de Retenue Latéraux Métalliques*” do SETRA (1988).



TRONÇON DEMONTABLE GLISSIERE SIMPLE PROFIL A ET B







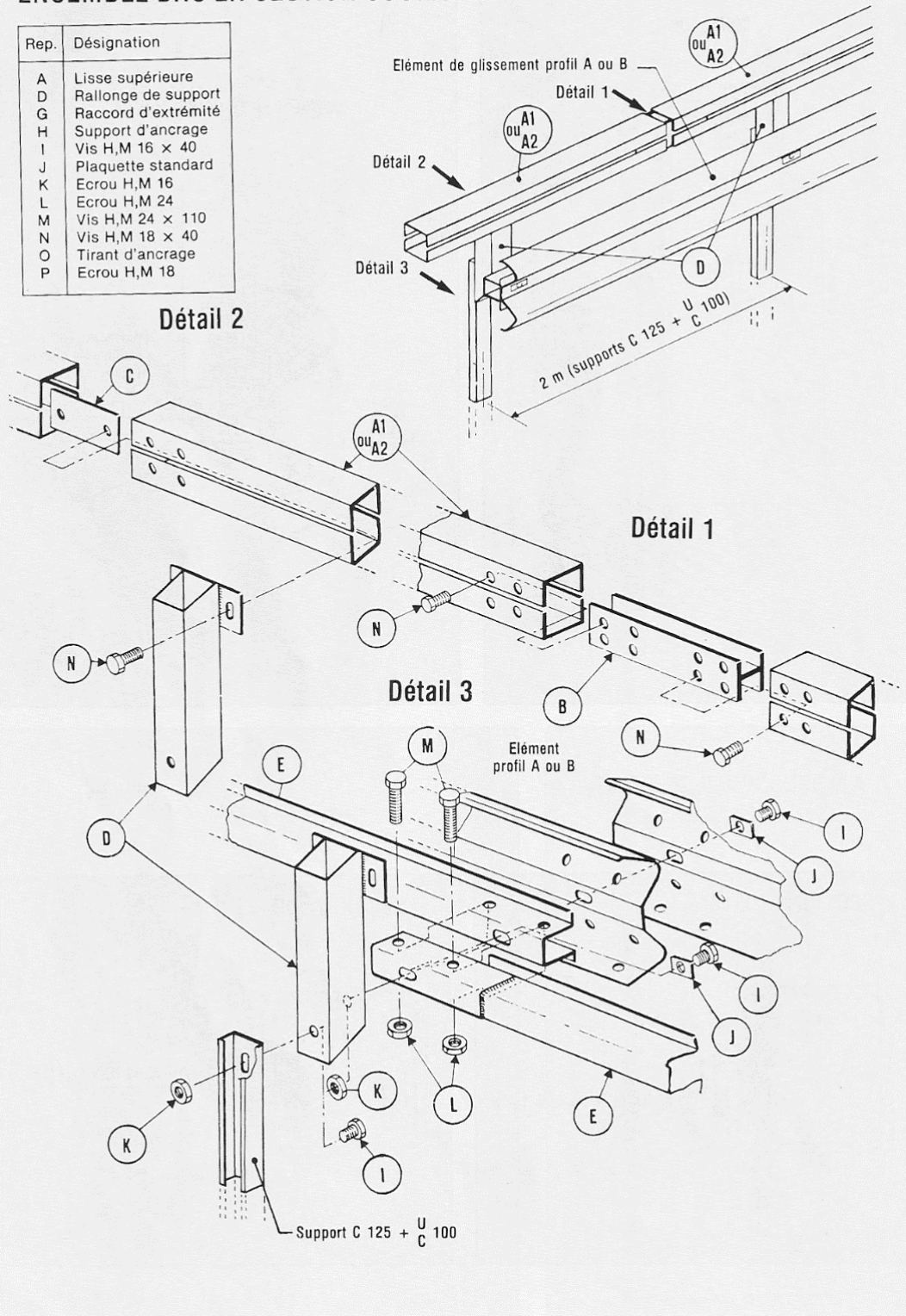
Guarda de segurança tipo BHO (retenção de veículos pesados)

Os esquemas de montagens referentes às guardas de segurança tipo BHO foram retirados da norma “*Dispositifs de Retenue des Véhicules: Conditions d'Agrément et d'Emploi, Fascicule 2 - Dispositifs de Retenue Latéraux Métalliques*” do SETRA (1988).



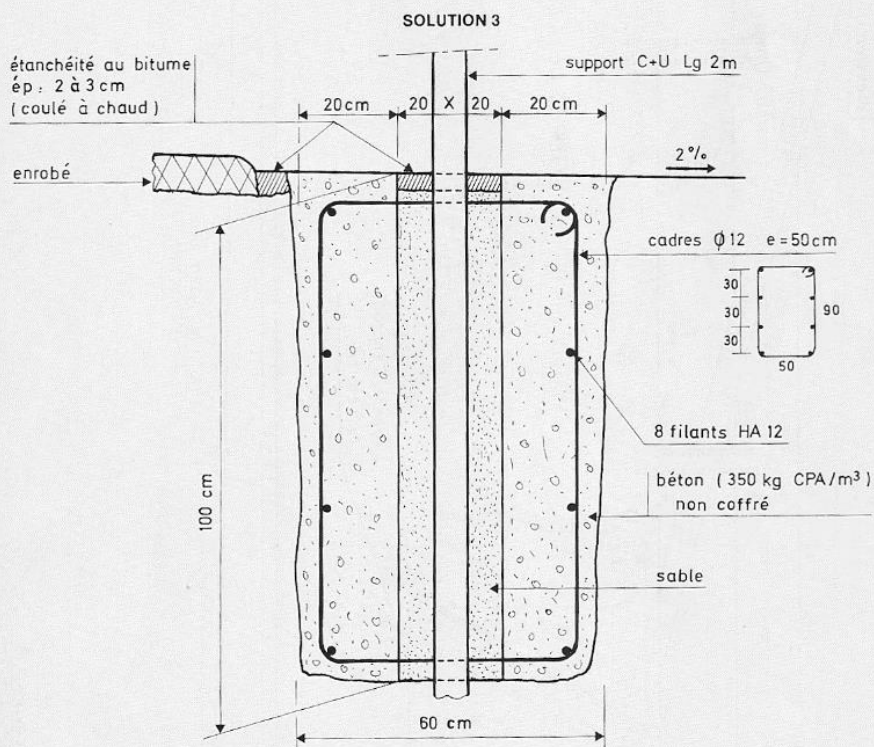
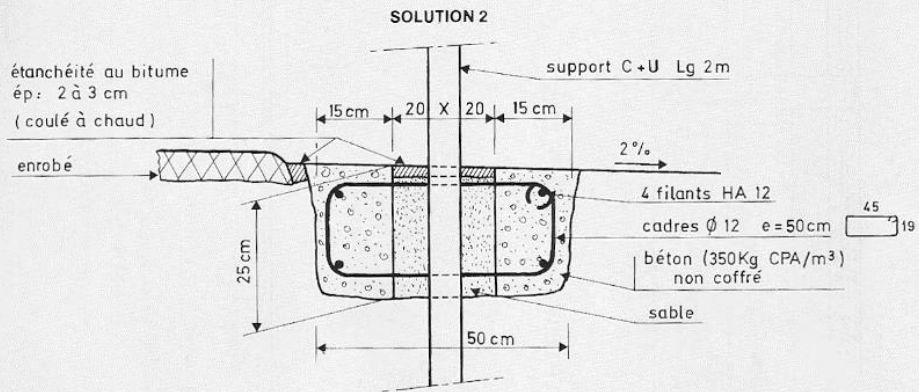
ENSEMBLE BHO EN SECTION COURANTE

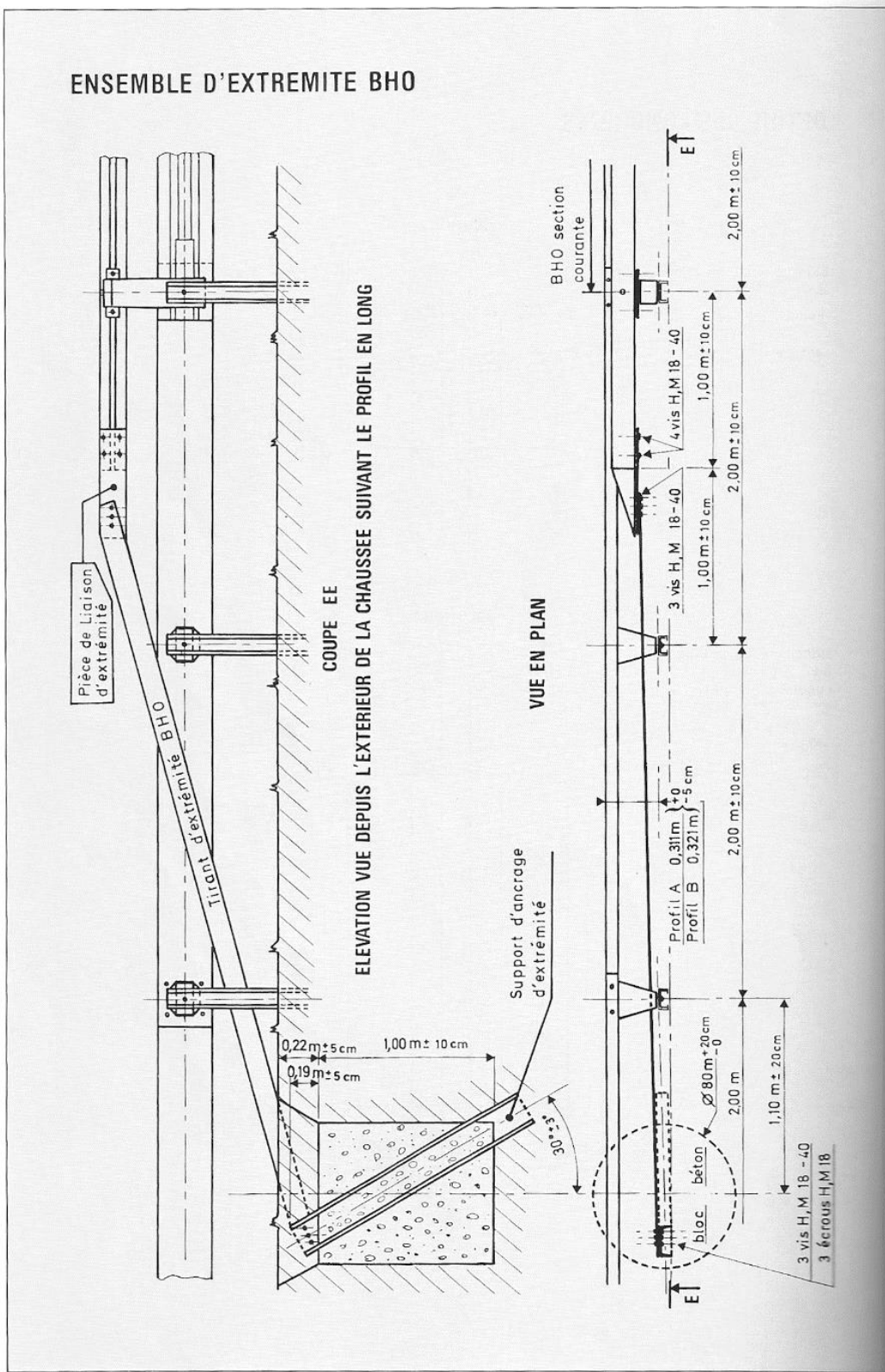
Rep.	Désignation
A	Lisse supérieure
D	Rallonge de support
G	Raccord d'extrémité
H	Support d'ancrage
I	Vis H,M 16 x 40
J	Plaquette standard
K	Ecrou H,M 16
L	Ecrou H,M 24
M	Vis H,M 24 x 110
N	Vis H,M 18 x 40
O	Tirant d'ancrage
P	Ecrou H,M 18





DETAIL DES LONGRINES

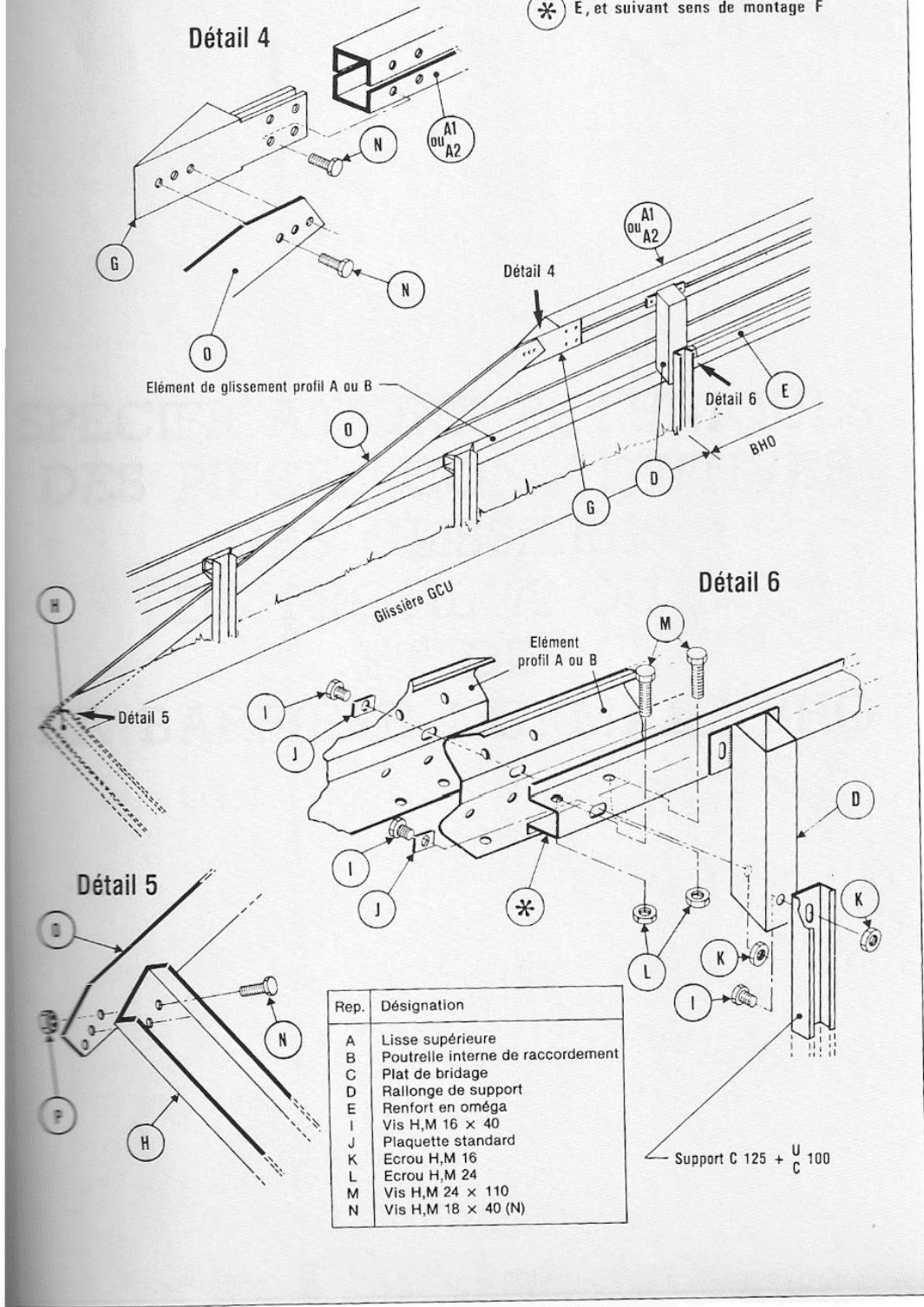






ENSEMBLE D'EXTRÉMITÉ BHO

* E, et suivant sens de montage F





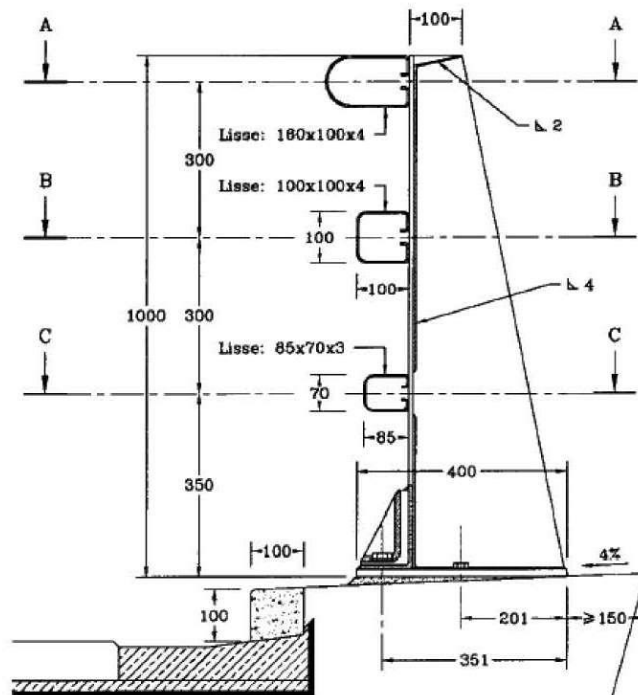
Guarda de segurança tipo BN4 (retenção de veículos pesados)

Os esquemas de montagens referentes às guardas de segurança tipo BN4 foram retirados do seguinte documento: *“Décision d’agrément no BN4/16-06-08 du 13 février 2009 relative à la barrière de sécurité métallique modèle « BN4/16»”* do Ministère du Logement (2009).



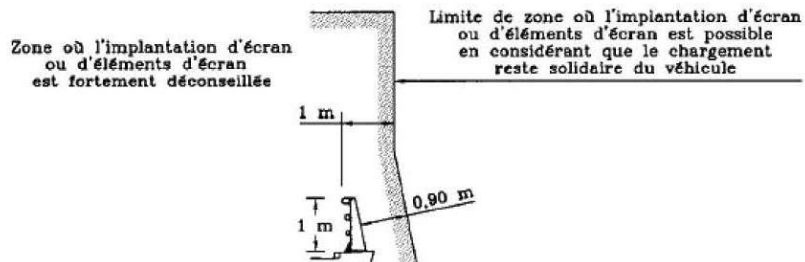
BARRIERE MODELE BN4 16T EN ACIER A LISSES HORIZONTALES

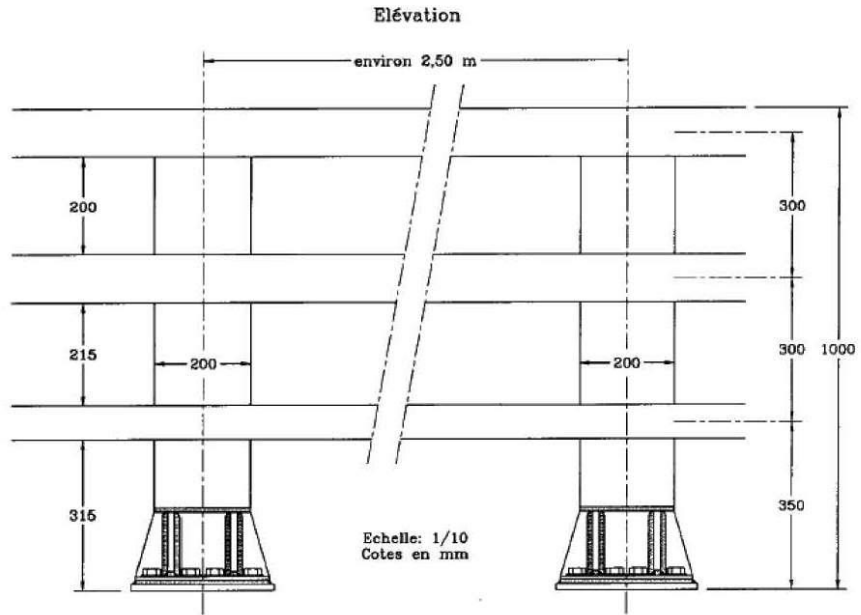
Coupe courante



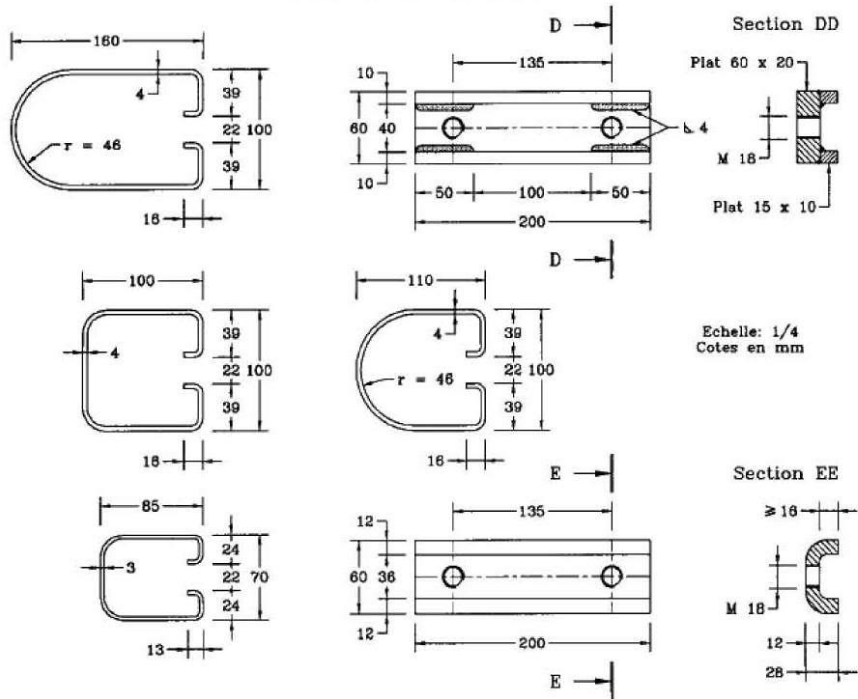
Echelle 1/10
Cotes en mm

Les tolérances sur les cotes sont, sauf indications
contraires, celles de la norme P 98-421 (BN4)





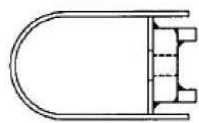
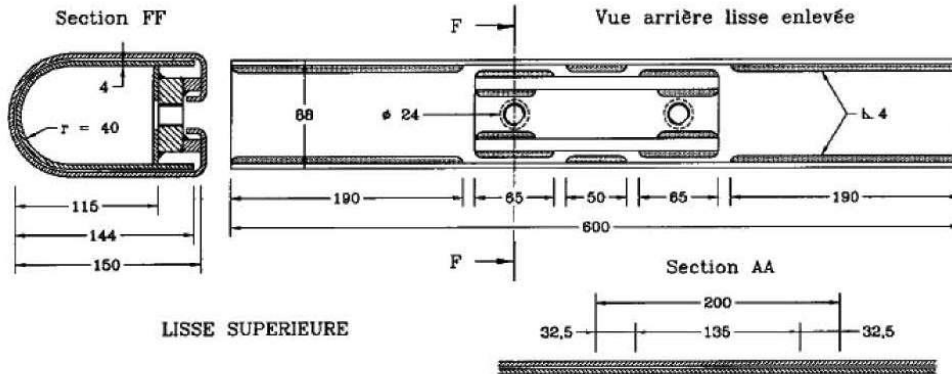
LISSES ET ETRIERS



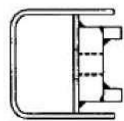
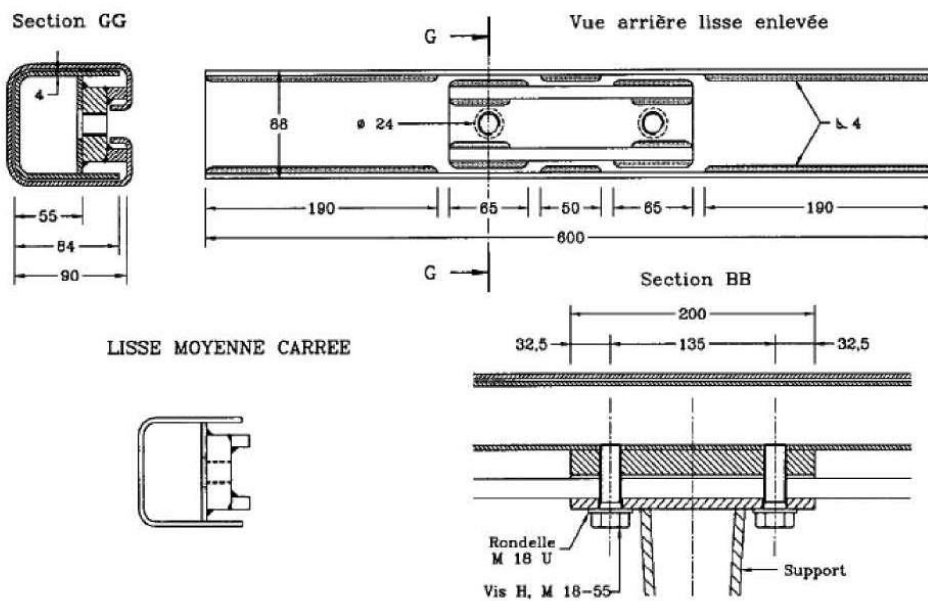


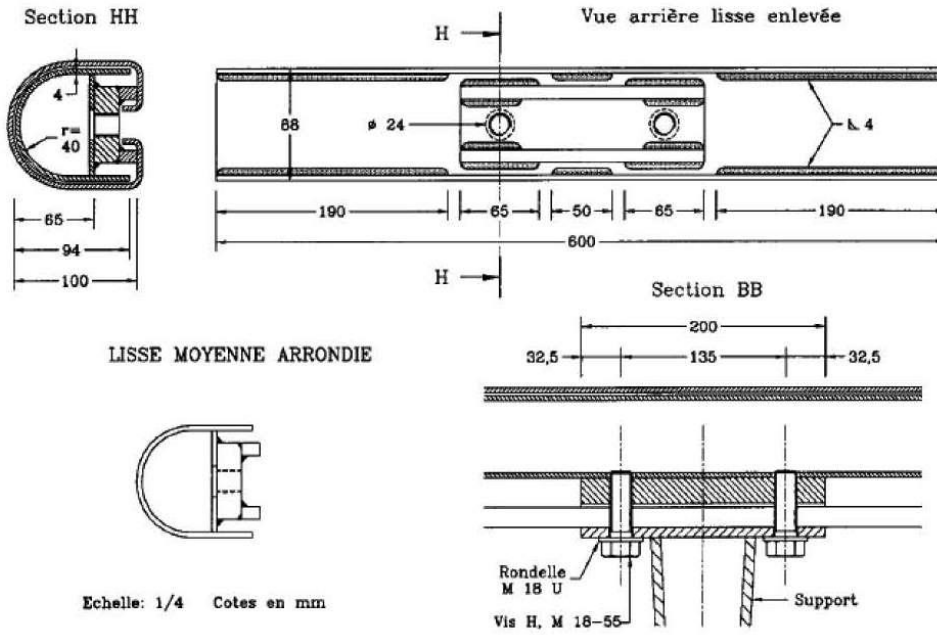
RENFORT ETRIER

Ces renforts étriers règnent au droit de chaque fixation de lisse supérieure et moyenne sur chaque support

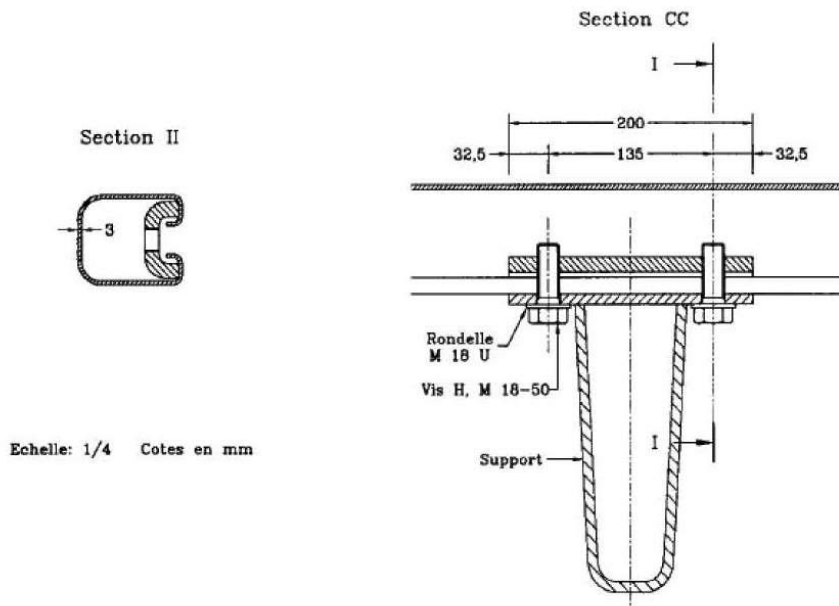


Echelle: 1/4 Cotes en mm



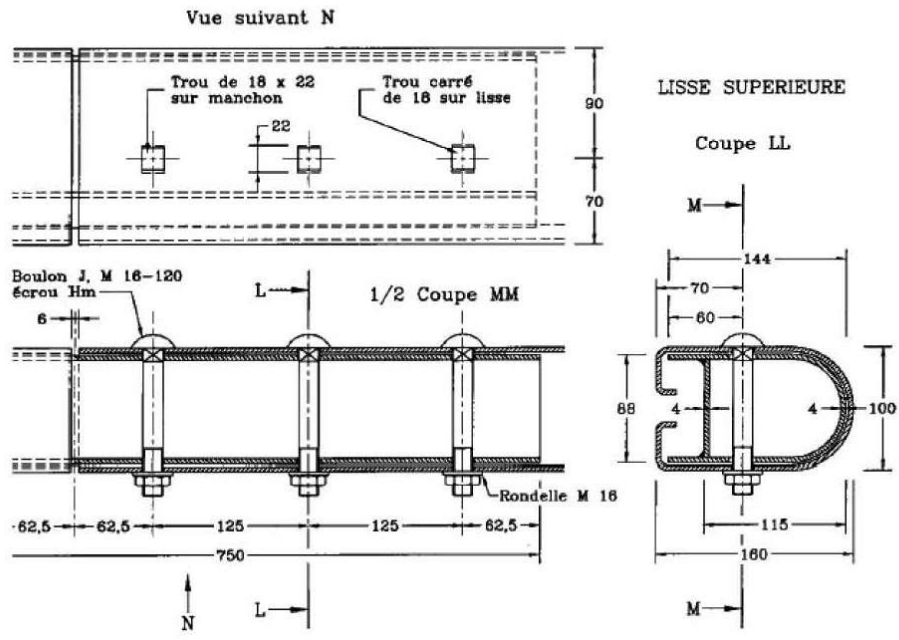


MONTAGE LISSE INFERIEURE

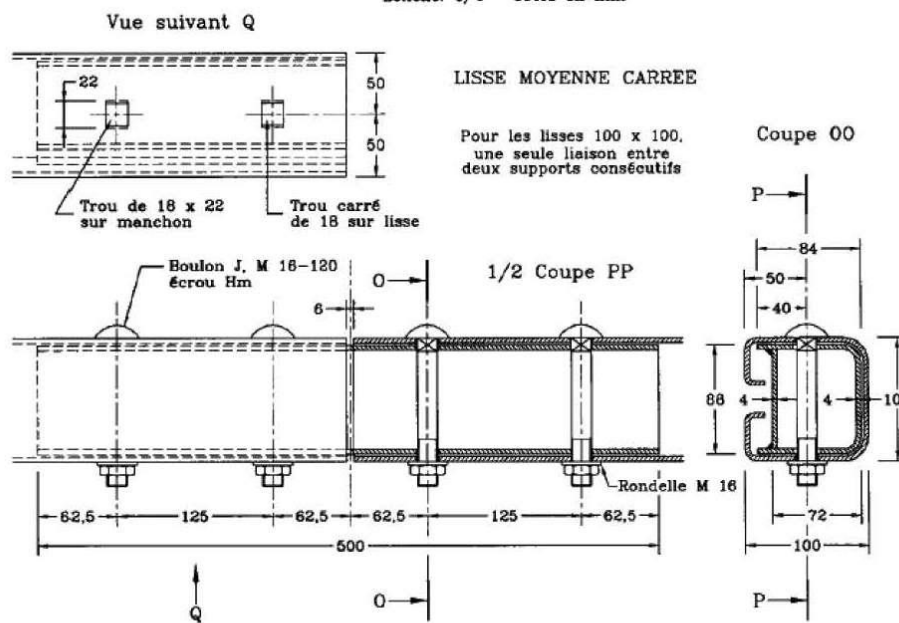


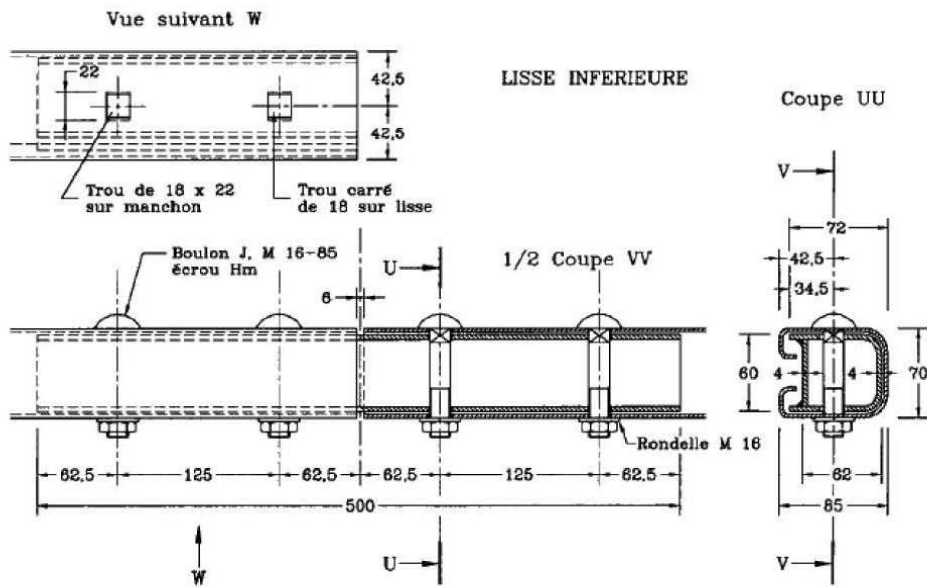
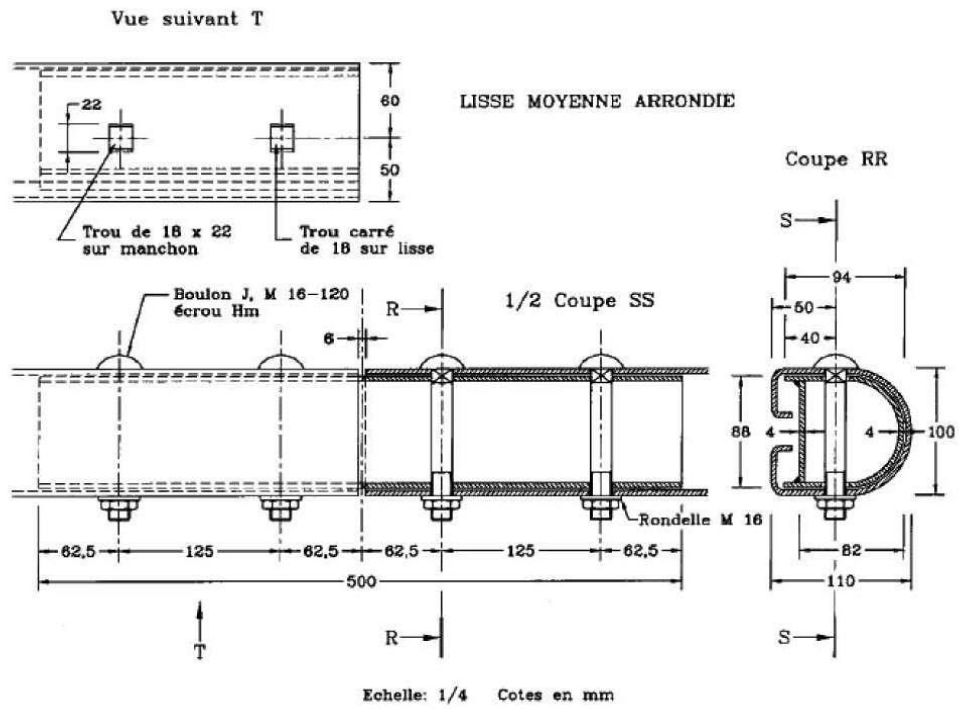


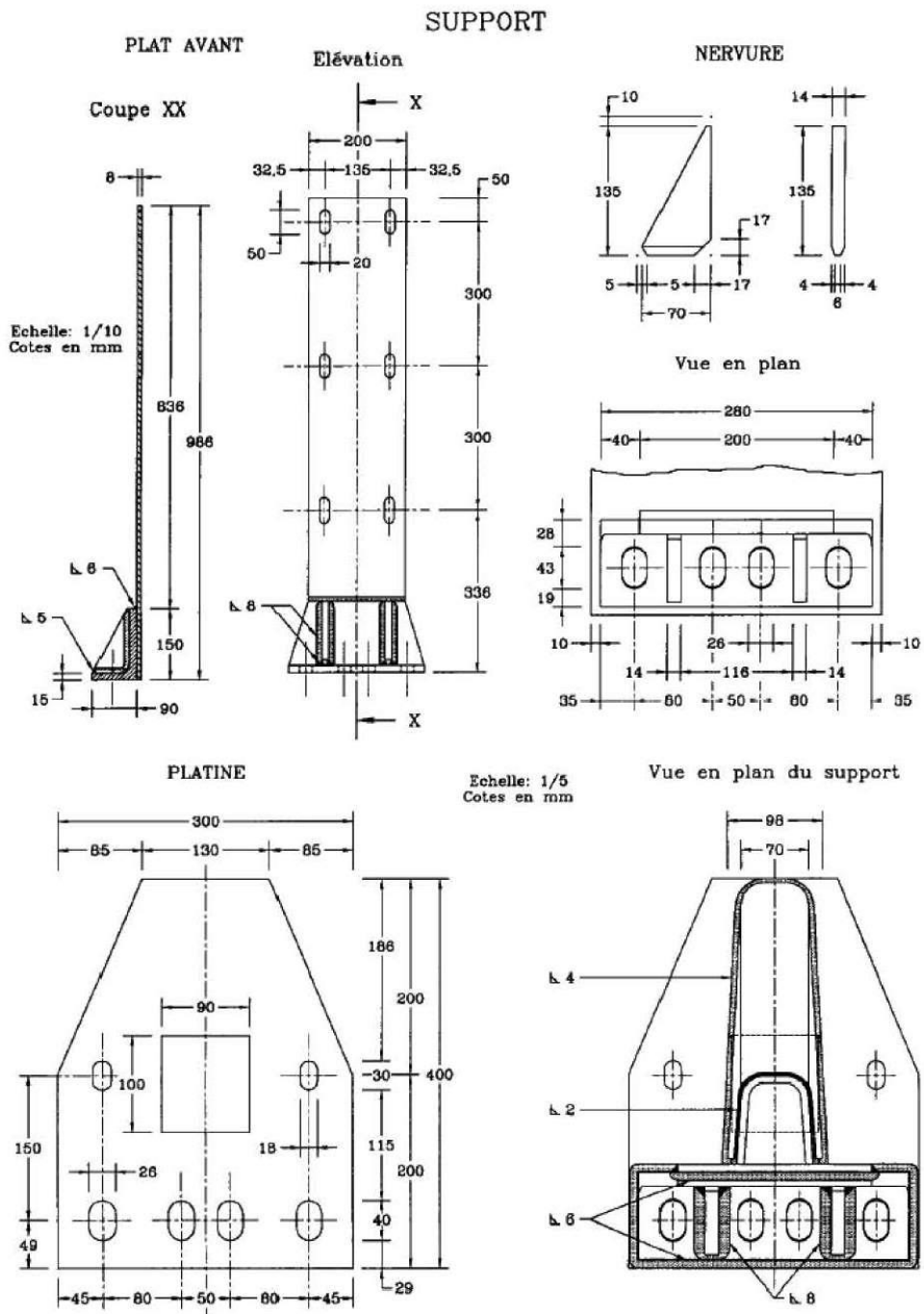
LIAISON ENTRE LES LISSES



Echelle: 1/4 Cotes en mm

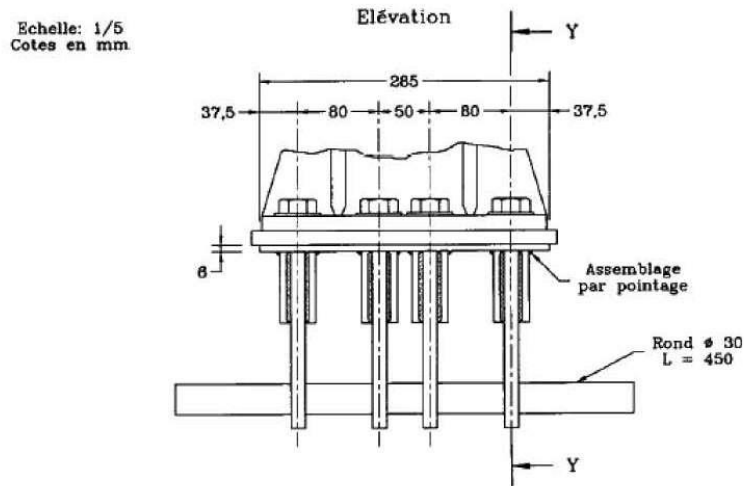
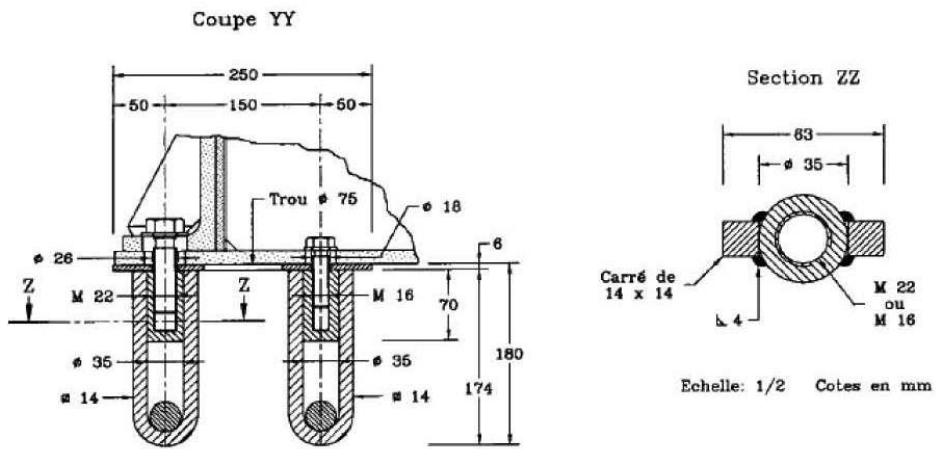




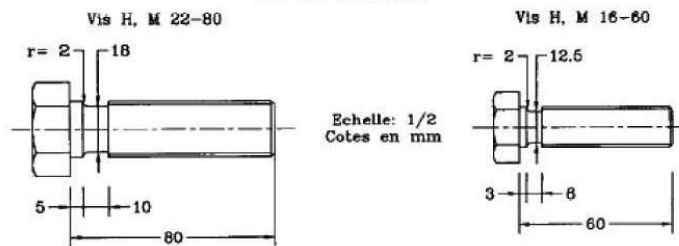




PIECE D'ANCRAGE



VIS DE FIXATION





**ANEXO B – EN 1317 (INFORMAÇÃO
SUPLEMENTAR)**



EN 1317

Os quadros e as figuras apresentadas foram retirados na norma EN 1317, com intuito de complementar o Capítulo 3 – Métodos de ensaio.



Critérios de ensaio de colisão de veículos (EN 1317-2)

Ensaio	Velocidade de colisão km/h	Ângulo de colisão em graus	Massa total do veículo Kg	Tipo de veículo
TB11	100	20	900	Automóvel
TB21	80	8	1.300	Automóvel
TB22	80	15	1.300	Automóvel
TB31	80	20	1.500	Automóvel
TB32	110	20	1.500	Automóvel
TB41	70	8	10.000	Veículo pesado rígido
TB42	70	15	10.000	Veículo pesado rígido
TB51	70	20	13.000	Autocarro
TB61	80	20	16.000	Veículo pesado rígido
TB71	65	20	30.000	Veículo pesado rígido
TB81	65	20	38.000	Veículo pesado articulado

Níveis de contenção (EN 1317-2)

Níveis de contenção	Ensaio de aceitação
Contenção num ângulo fechado T1 T2 T3	TB 21 TB 22 TB 41 e TB 21
Contenção normal N1 N2	TB 31 TB32 e TB11
Contenção mais elevada H1 H2 H3	TB 42 e TB 11 TB 51 e TB 11 TB 61 e TB 11
Contenção muito elevada H4a H4b	TB 71 e TB 11 TB 81 e TB 11

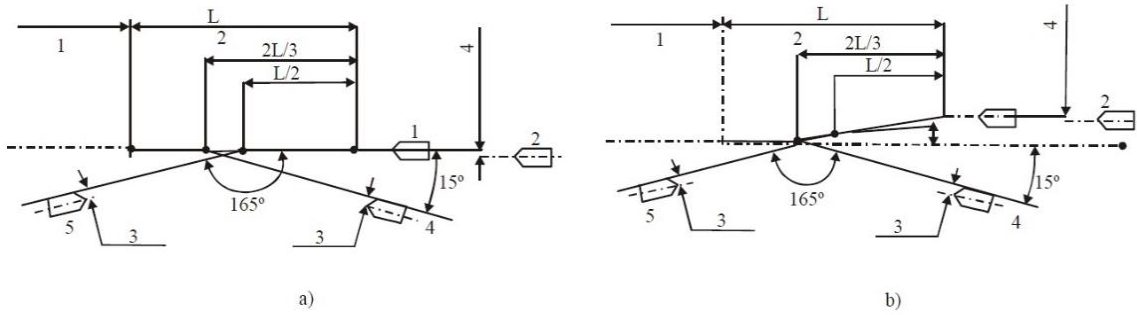
NOTA 1: Níveis de contenção num ângulo fechado deverão ser utilizados apenas em barreiras de segurança temporárias. Também se podem ensaiar as barreiras de segurança temporárias para maiores níveis de contenção.

NOTA 2: Uma instalação ensaiada com sucesso num determinado nível de contenção deve ser considerada como tendo cumprido a condição de ensaio de um nível inferior, com exceção de N1 e N2 que não incluem T3.

NOTA 3: Ambos os ensaios TB 71 e TB 81 estão incluídos nesta norma porque, em diferentes países, estão atualmente sendo realizados ensaios e a desenvolver-se barreiras de segurança muito elevada utilizando tipos de veículos pesados bastante diferentes. Os dois níveis de H4a e H4b não devem ser considerados como equivalentes e não é apresentada nenhuma hierarquia entre eles.



Trajetória de aproximação do veículo com dois tipos de terminal (a e b) (EN 1317-4)



Legenda:

- | | | | |
|---|---------------|---|---------------------|
| ① | Aproximação 1 | 1 | Barreira |
| ② | Aproximação 2 | 2 | Terminal |
| ④ | Aproximação 4 | 3 | ½ largura veículo |
| ⑤ | Aproximação 5 | 4 | 1/4 largura veículo |

Critérios do ensaio de embate e classes de desempenho dos terminais (EN 1317-4)

Classe de desempenho	Localização		Ensaio				
			Aproximação	Referência de Aproximação	Massa do veículo (kg)	Velocidade e (km/h)	Código de ensaio ⁽¹⁾
P1	A		Frontal descentrado de ¼ relativamente à margem	2	900	80	TT 2.1.80
P2	A	U	Frontal descentrado de ¼ relativamente à margem	2	900	80	TT 2.1.80
			Lateral, 15° 2/3L	4	1.300	80	TT 4.2.80
P3	A	U	Lateral, 165° 1/2L	5	900	80	TT 5.1.80
			Frontal descentrado de ¼ relativamente à margem	2	900	100	TT 2.1.100
		D	Frontal centrado	1	1.300	100	TT 2.1.100
			Lateral, 15° 2/3L	4	1.300	100	TT 4.2.100
P4	A	U	Lateral, 165° 1/2L	5	900	100	TT 5.1.100
			Frontal descentrado de ¼ relativamente à margem	2	900	100	TT 2.1.100
		D	Frontal centrado	1	1.500	110	TT 1.3.110
			Lateral, 15° 2/3L	4	1.500	110	TT 4.3.110

⁽¹⁾ A notação dos códigos do ensaio é a seguinte:

TT	1	2	3
Ensaio de terminal	Aproximação	Massa do veículo	Velocidade de embate

NOTA 1: Para evitar ambiguidades, a numeração do percurso de aproximação no presente e na Trajetória de aproximação do veículo com dois tipos de terminal (a e b) é a mesma que na EN 1317-3. A aproximação 3 está presente na EN 1317-3 como ensaio 3 para amortecedores de choque, mas não é requerida para terminais.

NOTA 2: O ensaio com aproximação 5 não é efetuado para um terminal alargado quando, no ponto de embate relevante, o ângulo (a) do percurso do veículo em relação ao sentido do trânsito é menor que 5°.



ANEXO C – DADOS DA SINISTRALIDADE

RODOVIÁRIA

Dados estatísticos sobre a sinistralidade rodoviária

Os presentes dados estatísticos tiveram como fonte os dados estatísticos presentes nos anuários de segurança rodoviária da ANSR, têm como intuito complementar a informação sobre a sinistralidade rodoviária.

Vítimas segunda a natureza do acidente

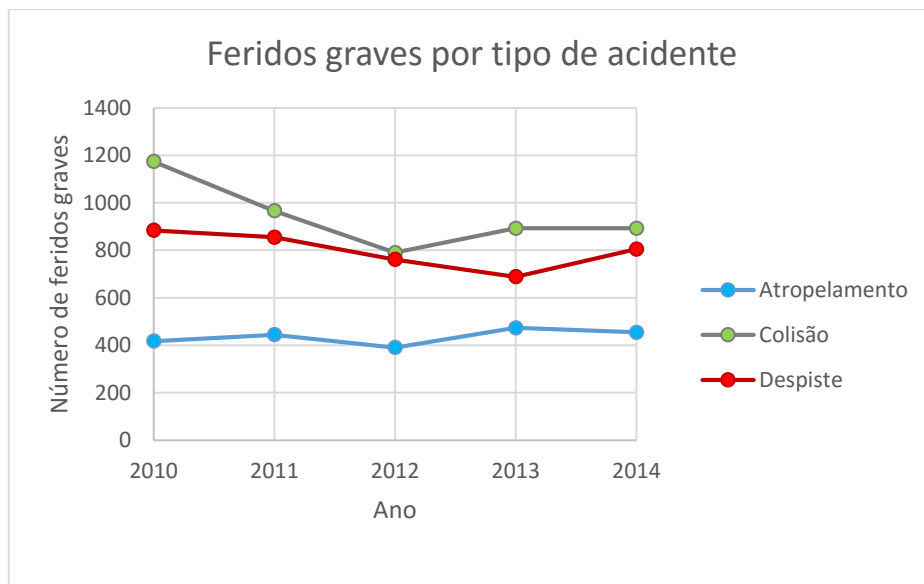
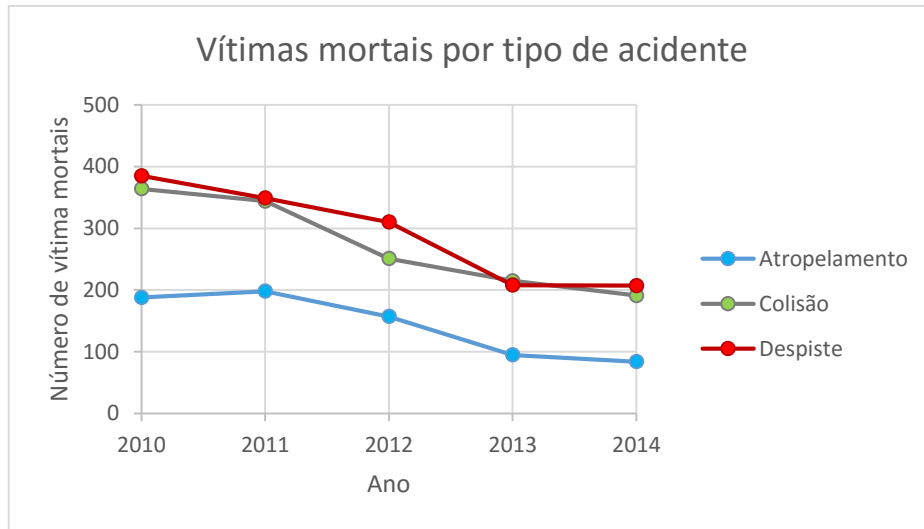
Acidente	Vítimas mortais					Feridos graves					Feridos leves				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
ATROPELAMENTO															
Atropelamento de peões	98	113	148	90	81	460	483	370	452	429	5.052	4.774	4.393	4.601	4.431
Atropelamento de animais	0	1	0	0	0	1	2	0	3	6	63	79	66	73	98
Atropelamento com fuga	6	4	9	5	3	23	29	20	18	19	295	365	298	296	337
Total	104	118	157	95	84	484	514	390	473	454	5.410	5.218	4.757	4.970	4.866
COLISÃO															
Colisão com fuga	2	6	3	2	2	15	18	12	16	20	429	427	365	398	388
Colisão com outras situações	16	16	23	15	19	78	75	34	87	102	2.629	2.716	2.598	2.480	2.449
Colisão frontal	100	109	107	106	80	470	406	286	352	309	5.268	4.533	4.085	3.958	3.927
Colisão traseira com outro veículo em movimento	44	49	32	31	24	147	106	73	107	123	4.997	4.370	3.695	4.124	4.490
Colisão lateral com outro veículo em movimento	106	73	68	43	55	430	342	311	278	280	8.831	7.758	7.161	7.207	6.921
Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	19	19	16	15	11	62	62	68	40	53	1.658	1.402	1.310	1.349	1.253
Colisão choque em cadeia	11	2	2	3	0	27	12	6	13	6	1.006	938	800	957	868
Total	298	274	251	215	191	1.229	1.021	790	893	893	24.818	22.144	20.014	20.473	20.296

Vítimas segunda a natureza do acidente

Acidente	Vítimas mortais					Feridos graves					Feridos leves				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
DESPISTES															
Despiste com dispositivo de retenção	18	14	18	12	10	51	44	33	38	34	1.197	1.054	1.054	1.047	1.063
Despiste sem dispositivo de retenção	33	33	26	12	11	92	85	63	64	55	1.392	1.377	1.359	1.356	1.460
Despiste com fuga	2	0	1	0	1	5	4	4	2	7	75	52	51	54	52
Despiste simples	105	93	122	70	78	300	319	244	266	324	5.212	4.794	4.285	4.701	5.119
Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral	29	19	13	26	17	35	32	50	29	35	434	331	312	301	266
Despiste com capotamento	88	82	87	53	61	291	250	225	178	203	3.473	3.029	2.791	2.568	2.642
Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	64	56	43	35	29	150	167	142	111	147	1.913	1.727	1.541	1.348	1.255
Total	339	297	310	208	207	924	901	761	688	805	13.696	12.364	11.393	11.375	11.857
TOTAL															
	741	689	718	518	482	2.637	2.436	1.941	2.054	2.152	43.924	39.726	36.164	36.818	37.019

Fonte: ANSR

Vítimas segunda a natureza do acidente

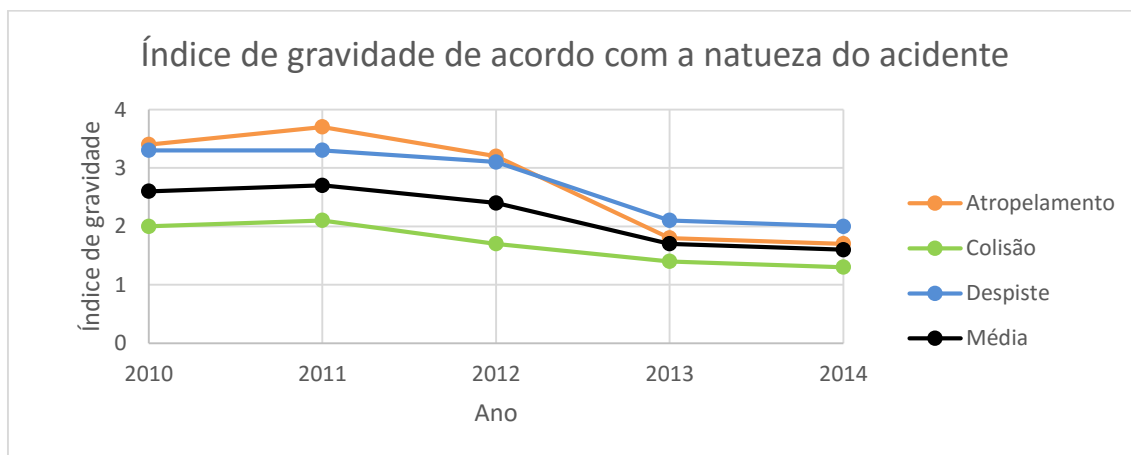


Fonte: ANSR

Índice de gravidade segundo a natureza do acidente

Acidente		Índice de gravidade				
		2010	2011	2012	2013	2014
Atropelamento	Atropelamento de peões	1,9	2,3	3,3	1,9	1,8
	Atropelamento de animais	0,0	1,4	2,9	0,0	0,0
	Atropelamento com fuga	1,9	1,0	0,0	1,6	0,9
	Total	1,9	2,2	3,2	1,8	1,7
Colisão	Colisão com fuga	0,5	1,6	0,9	0,5	0,6
	Colisão com outras situações	0,8	0,8	0,4	0,8	1,0
	Colisão frontal	3,0	3,7	1,2	4,1	3,2
	Colisão traseira com outro veículo em movimento	1,2	1,5	1,6	1,0	0,7
	Colisão lateral com outro veículo em movimento	1,6	1,2	1,1	0,8	1,0
	Colisão com veículo ou obstáculo na faixa de rodagem	1,5	1,7	4,1	1,4	1,1
	Colisão choque em cadeia	1,7	0,3	1,1	0,5	0,0
	Total	1,6	1,7	1,7	1,4	1,3
Despiste	Despiste com dispositivo de retenção	1,8	1,6	2,0	1,3	1,1
	Despiste sem dispositivo de retenção	2,6	2,6	5,1	0,9	0,8
	Despiste com fuga	3,4	0,0	2,1	0,0	2,2
	Despiste simples	2,3	2,2	2,0	1,7	1,7
	Despiste com transposição do dispositivo de retenção lateral	7,9	6,5	3,2	12,1	7,3
	Despiste com capotamento	3,2	3,4	3,2	2,6	2,9
	Despiste com colisão com veículo imobilizado ou obstáculo	3,9	3,7	3,9	3,0	2,6
	Total	2,9	2,8	3,1	2,1	2,0
TOTAL		2,1	2,1	2,4	1,7	1,6

Índice de gravidade - número de mortos por 100 acidentes com vítimas.



Fonte: ANSR

Vítimas segundo o tipo de via e a natureza do acidente

Vítimas mortais

Tipo de via	Natureza do acidente / Número de Vítimas mortais								
	Atropelamento			Colisão			Despiste		
	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013
Autoestrada	6	9	6	31	20	14	47	29	24
Itinerário principal	0	1	1	11	7	13	4	2	0
Itinerário complementar	6	7	3	31	25	25	11	13	17
Estrada nacional	50	47	43	136	93	123	120	99	73
Estrada municipal	10	9	5	25	22	9	48	50	40
Arruamento	105	80	79	80	76	67	104	101	66
Outras vias ⁽²⁾	3	4	141	7	8	5	14	16	20
TOTAL	181	157	141	320	251	256	348	310	240

⁽¹⁾ Média 2010 – 2012

⁽²⁾ Outras vias = Estrada regional; Estrada florestal; Ponte; Variante

Fonte: ANSR

Feridos graves

Tipo de via	Natureza do acidente / Número de Vítimas mortais								
	Atropelamento			Colisão			Despiste		
	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013
Autoestrada	6	3	2	61	28	46	97	84	57
Itinerário principal	0	0	0	16	10	30	16	9	7
Itinerário complementar	4	6	3	60	45	45	29	28	37
Estrada nacional	66	67	67	373	295	341	246	213	195
Estrada municipal	16	11	10	94	81	49	130	123	76
Arruamento	322	301	335	355	312	319	283	267	249
Outras vias ⁽²⁾	3	2	13	18	19	26	21	37	39
TOTAL	417	390	430	977	790	856	833	761	660

⁽¹⁾ Média 2010 – 2012

⁽²⁾ Outras vias = Estrada regional; Estrada florestal; Ponte; Variante

Fonte: ANSR

Feridos leves

Tipo de via	Natureza do acidente / Número de Vítimas mortais								
	Atropelamento			Colisão			Despiste		
	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013	2010 - 2012 ⁽¹⁾	2012	2013
Autoestrada	17	7	16	1.543	1.093	1.287	1.689	1.292	1.301
Itinerário principal	2	2	1	241	176	221	217	177	195
Itinerário complementar	14	16	6	676	623	664	422	360	380
Estrada nacional	380	334	363	5.948	5.270	5.379	3.291	3.084	2.972
Estrada municipal	93	65	67	1.067	845	837	1.366	1.213	1.210
Arruamento	4.580	4.285	4.456	12.428	11.638	11.615	5.048	4.806	4.796
Outras vias ⁽²⁾	33	48	58	413	369	466	447	461	517
TOTAL	5.119	4.757	4.967	22.317	20.014	20.469	12.480	11.393	11.371

⁽¹⁾ Média 2010 – 2012

⁽²⁾ Outras vias = Estrada regional; Estrada florestal; Ponte; Variante

Fonte: ANSR



ANEXO D – EXEMPLOS DE CATÁLOGOS DE FABRICANTES PORTUGUESES



SEGURANÇA RODOVIÁRIA
SÉCURITÉ ROUTIÈRE
SAFETY ROAD
SEGURIDAD VIAL
SICUREZZA STRADALE
VERKEHRSSICHERUNG

GUARDAS SIMPLES COM PERFIL ÓMIGA GLISSIÈRES SIMPLES EN PROFILE ÓMIGA SIMPLE GUARDRAILS WITH OMEGA SECTION

PT

Guardas metálicas semi-flexíveis simples com calha em perfil "W" para veículos, com amortecedor e prumos (perfis metálicos) distanciados de 2 metros ou de 4 metros (nível de contenção N2 - EN1317-1/2). As guardas são concebidas para absorver a energia de impacto em caso de colisão do veículo e, ao mesmo tempo, para manter a integridade do próprio veículo. Tipo de fixação ao solo: prumos com bate estacas.

Guardas metálicas de protecção para motociclistas em chapa quinada qualidade S275, distanciados de 4 metros, com 350mm de altura e 2mm de espessura. (Opcional)

FR

Glissières métalliques simples avec rail en profilé "W" pour véhicules, avec amortisseur et poteaux (profilés en acier) écartés de 2m ou 4m (niveau de contention N2 - EN1317-1/2). Les glissières sont conçues pour absorber l'énergie de l'impact en cas de collision du véhicule et en même temps, pour maintenir l'intégrité du propre véhicule. Type de fixation au sol: poteau avec trépideur (mât de battage à chenilles).

Glissières métalliques de protection pour les motocyclistes en tôle poinçonnée, qualité S275, écartés de 4 mètres, 350mm de hauteur et 2mm d'épaisseur. (Optionnel)

EN

Simple Steel guardrails with a beam in "W" section for vehicles with absorber and posts (steel sections) spaced 2m or 4m (level of containment N2 - EN1317-1/ 2). The guardrails are conceived to absorb the impact energy in case of a vehicle collision and at the same time to keep the integrity of the vehicle. Type of fixing: posts with a guardrail pile driver.

Steel guardrails for protection of motorcyclists in bended plate S275 quality, 4 meters spaced out, 350mm height and 2mm thick. (Optional)



BARRERAS SIMPLES CON PERFIL OMEGA BARRIERE SEMPLICI CON PROFILO OMEGA EINFACHE SCHUTZPLANKEN IM OMEGA-PROFIL

ES

Barreras metálicas semi-flexibles con una valla en "W" para vehículos, con amortiguador y ploadas (perfiles metálicos) apartados de 2 metros o 4 metros (nivel de contención N2 - EN1317-1/2). Las barreras son concebidas para absorber la energía del impacto en caso de colisión del vehículo, y al mismo tiempo para mantener la integridad del propio vehículo. Tipo de fijación al suelo: postes con máquina hincapilotes.

Barreras metálicas de protección para los motociclistas en chapa plegada calidad S275, apartados de 4 metros, con 350mm de altura y 2mm de espesor. (Opcional)

IT

Barriere metalliche semiflessibili semplici con incasso profilo "W" per veicoli, con ammortizzatore e paletti (profili metallici) distanziati di 2 metri o di 4 metri (livello di contenimento N2 - EN1317-1/2). Le barriere sono concepite per assorbire l'energia d'impatto in caso di collisione del veicolo e, allo stesso tempo, per mantenere l'integrità del veicolo stesso. Tipo di fissaggio al suolo: paletti con battipicchetti.

Barriere metalliche di protezione per motociclisti in lamiera piegata qualità S275, distanziate di 4 metri, con 350 mm di altezza e 2 mm di spessore. (Opzionale)

DE

Einfache halbflexible Stahlschutzplanken mit Holmen im W-Profil für Fahrzeuge, mit Anpralldämpfer und Pfosten (Stahlprofil) im Abstand von 2 oder 4 Metern (mit normalem Aufhaltevermögen N2 nach EN 1317 - 1/2). Die Schutzplanken sind so konzipiert, dass sie die Aufprallenergie im Falle einer Fahrzeugkollision abfangen und gleichzeitig die Unversehrtheit des Fahrzeugs gewährleisten. Verankerung der Pfosten im Boden durch den Rammbär.

Unterfahrschutz für Motorradfahrer in gebogenem Stahlblech Güte S 275, im Abstand von 4 Metern, mit 350 mm Höhe und 2 mm Dicke. (optional)

GUARDAS DUPLAS COM PERFIL ÓMEGA GLISSIÈRES DOUBLES EN PROFILE ÓMEGA DOUBLE GUARDRAILS WITH OMEGA SECTION

PT

Guardas metálicas semi-flexíveis simples com calha em perfil "W" para veículos, com amortecedor e prumos (perfis metálicos) distanciados de 2 metros ou de 4 metros (nível de contenção N2 – EN1317-1/2). As guardas são concebidas para absorver a energia de impacto em caso de colisão do veículo e, ao mesmo tempo, para manter a integridade do próprio veículo. Tipo de fixação ao solo: prumos com bate estacas. Guardas metálicas de protecção para motociclistas em chapa quinada qualidade S275, distanciados de 4 metros, com 350mm de altura e 2mm de espessura. (Opcional)

FR

Glissières métalliques simples avec rail en profilé "W" pour véhicules, avec amortisseur et poteaux (profilés en acier) écartés de 2m ou 4m (niveau de contention N2 – EN1317-1/2). Les glissières sont conçues pour absorber l'énergie de l'impact en cas de collision du véhicule et en même temps, pour maintenir l'intégrité du propre véhicule. Type de fixation au sol: poteau avec trépideur (mât de battage à chenilles). Glissières métalliques de protection pour les motocyclistes en tôle poinçonnée, qualité S275, écartés de 4 mètres, 350mm de hauteur et 2mm d'épaisseur. (Optionnel)

EN

Simple Steel guardrails with a beam in "W" section for vehicles with absorber and posts [steel sections] spaced 2m or 4m [level of containment N2 – EN1317-1/ 2]. The guardrails are conceived to absorb the impact energy in case of a vehicle collision and at the same time to keep the integrity of the vehicle. Type of fixing: posts with a guardrail pile driver. Steel guardrails for protection of motorcyclists in bended plate S275 quality, 4 meters spaced out, 350mm height and 2mm thick. (Optional)



BARRERAS DOBLES CON PERFIL OMEGA BARRIERE DOPPIE CON PROFILO OMEGA DOPPELTE SCHUTZPLANKEN IM OMEGA-PROFIL

ES

Barreras metálicas semi-flexibles con una vala en "W" para vehículos, con amortiguador y plomadas (perfiles metálicos) apartados de 2 metros o 4 metros (nivel de contención N2 – EN1317-1/2). La utilización de un segundo rail "W" aumenta la capacidad de contención de la barrera, recomendada para locales de riesgo elevado. Tipo de fijación al suelo: postes con máquina hincapilotes. Barreras metálicas de protección para los motociclistas en chapa plegada cualidad S275, apartados de 4 metros, con 350mm de altura y 2mm de espesor. (Opcional)

IT

Barriere metalliche semiflessibili semplici con incasso profilo "W" per veicoli, con ammortizzatore e paletti (profili metallici) distanziate di 2 metri o di 4 metri (livello di contenimento N2 – EN1317-1/2). Le barriere sono concepite per assorbire l'energia d'impatto in caso di collisione del veicolo e, allo stesso tempo, per mantenere l'integrità del veicolo stesso. Tipo di fissaggio al suolo: paletti con battipicchetti. Barriere metalliche di protezione per motociclisti in lamiera piegata qualità S275, distanziate di 4 metri, con 350mm di altezza e 2mm di spessore. (Opzionale)

DE

Doppelte halbflexible Stahlschutzplanken mit Holmen im W-Profil für Fahrzeuge, mit Anpralldämpfer und Pfosten (Stahlprofil) im Abstand von 2 oder 4 Metern (mit normalem Aufhaltevermögen N2 nach EN 1317 -1/2). Die Verwendung eines zweiten Holms in W-Profil erhöht das Aufhaltevermögen der Schutzplanken an Orten mit erhöhtem Risiko. Verankerung der Pfosten im Boden durch den Rammbar. Unterfahrerschutz für Motorradfahrer in gebogenem Stahlblech Güte S 275, im Abstand von 4 Metern, mit 350 mm Höhe und 2 mm Dicke. (optional)

GUARDAS SIMPLES PARA OBRAS DE ARTE GLISSIÈRES POUR OUVRAGES D'ART GUARDRAILS FOR ENGINEERING STRUCTURE

PT

Guardas metálicas semi-flexíveis simples ou duplas com calha em perfil "W" para veículos com prumos afastados de 2m.
Estas guardas apresentam nível de retenção N2 (EN 1317-1/2) e fixação à via por chumbadouros.

FR

Glissières métalliques simples ou doubles avec rail en profilé "W" pour véhicules avec les poteaux écartés de 2m.
Ces glissières présentent le niveau de contention N2 (EN1317-1/2) et fixation à la voie par des boulons d'ancrage.

EN

Simple or double steel guardrails with a beam in "W" section with posts kept 2m away.
These guardrails present N2 containment level (EN1317 - 1/2) and fixed with anchor bolts.



BARRERAS SIMPLES PARA OBRAS DE ARTE BARRIERE SEMPLICI PER OPERE D'ARTE EINFACHE SCHUTZPLANKEN FÜR BAUWERKE

ES

Barreras metálicas semi-flexibles simples o dobles con valla en "W" para los vehículos con postes apartado de 2m.
Estas barreras presentan un nivel de contención N2 (EN1317-1/2) y fijación al suelo con pernos.

IT

Barriere metalliche semiflessibili semplici o doppie con incasso profilo "W" per veicoli con paletti distanziati di 2 metri.
Queste barriere presentano livello di contenimento N2 (IN 1317-1/2) e fissaggio alla strada mediante bulloni di bloccaggio.

DE

Einfache oder doppelte halbflexible Stahlschutzplanken mit Holmen im W-Profil für Fahrzeuge und mit Pfosten im Abstand von 2 Metern.
Diese Planken gewährleisten ein Aufhaltevermögen N2 nach EN 1317 -1/2 und werden durch Ankerbolzen an der Fahrbahn angebracht.

GUARDAS DUPLAS COM PERFIL U GLISSIÈRES DOUBLES EN PROFILÉ U DOUBLE GUARDRAILS WITH U SECTION

PT

Guardas metálicas semi-flexíveis duplas com calha em perfil "U" para veículos com prumos afastados de 2 metros. Este tipo de guarda é frequentemente instalado em obras de arte pela sua elevada eficácia na retenção de veículos aliada à sua eficaz integração estética. Fixação ao solo por chumbadouros.

FR

Glissières métalliques doubles avec rail en profilé "U" pour véhicules avec des poteaux écartés de 2m. Ce type de glissière est fréquemment installée dans des ouvrages d'art à cause de son élevé efficacité dans la contention des véhicules allié à son efficace intégration esthétique. Fixation au sol par une plaque d'appui.

EN

Double steel guardrails with a beam in "U" section for vehicles with posts spaced 2m. This type of guardrails is frequently installed in engineering structures for its high efficiency in vehicles containment allied to the efficient esthetic integration. Fixed with anchor bolts.



BARRERAS DOBLES CON PERFIL U BARRIERE DOPPIE CON PROFILO U DOPPELTE SCHUTZPLANKEN IM U-PROFIL

ES

Barreras metálicas semi-flexibles dobles con valla en perfil "U" para vehículos con postes apartados de 2m. Este tipo de barrera es frecuentemente instalada en obras de fábrica por su elevada eficacia en la contención de vehículos aliado a su eficaz integración estética. Fijación al suelo por pernos.

IT

Barriere metalliche semiflessibili doppie con incasso profilo "U" per veicoli con paletti distanziati di 2 metri. Questo tipo di barriera è frequentemente installata in opere d'arte per la sua elevata efficacia nella contenimento di veicoli alleata alla sua efficace integrazione estetica. Fissaggio al suolo mediante bulloni di bloccaggio.

DE

Doppelte halbflexible Stahlschutzplanken mit Holmen im U-Profil für Fahrzeuge, mit Pfosten im Abstand von 2 Metern. Diese Art von Schutzplanken werden häufig an Bauwerken angebracht, da sie wirkungsvoll vor Fahrzeuganprall schützen und sich auch ästhetisch gut einfügen. Befestigung am Boden durch Ankerbolzen.

GUARDAS TIPO BN4 GLISSIÈRES TYPE BN4 GUARDRAILS TYPE BN4

PT

Sistema metálico de contenção H2 tipo BN4, para pontes e viadutos, com calha "W", prumos afastados de 2,5 metros e um sistema de amortecimento que garante um nível de contenção superior. Comportamento do sistema de acordo com os critérios das normas EN 1317-1/2, tendo em vista a Marcação CE do sistema de contenção com nível H2, pelo Laboratoire d'essais INRETS Equipements de la Route. Fixação ao solo por chumbadouros.

FR

Système métallique de contention H2 type BN4, pour les ponts et viaducs, avec profilé "W", poteaux écartés de 2,5m et un système d'amortisseur qui garantit un niveau de contention supérieur. Comportement du système selon les critères des normes EN 1317-1/2, ayant en vue la marcation CE du système de contention de niveau H2, par le laboratoire d'essais INRETS Equipements de la Route. Fixation au sol par des boulons d'ancrage.

EN

Steel H2 containment system type BN4 for bridges and viaducts, with a "W" beam section, posts spaced 2m and an absorption system which guarantees a higher containment level. System behaviour consistent with the criteria of the regulations EN 1317 - 1/2, regarding the CE marking of the containment system with level H2 by the Laboratoire d'Essais INRETS Equipements de la Route. Fixed with anchor bolts.



BARRERAS TIPO BN4 BARRIERE TIPO BN4 SCHUTZPLANKEN TYPUS BN4

ES

Sistema metálico de contenção H2 tipo BN4, para puentes e viaductos, con valla "W", postes apartados de 2,5m y un sistema de amortiguamiento que garante un nivel de contenção superior. Comportamiento del sistema de acuerdo con los criterios de las normas EN 1317-1/2, teniendo en vista la marcación CE del sistema de contenção con nivel H2, por el Laboratoire d'essais INRETS Equipements de la Route. Fijación al suelo por pernos.

IT

Sistema metallico di contenimento H2 tipo BN4, per ponti e viadotti, con incasso profilo "W", paletti distanziati di 2,5 metri e un sistema di ammortizzazione che garantisce un livello di contenimento superiore. Comportamento del sistema conforme ai criteri delle norme EN 1317-1/2, avendo in vista la Marcatura CE del sistema di contenimento con livello H2, ad opera del Laboratorio di prove INRETS Equipements de la Route. Fissaggio al suolo mediante bulloni di bloccaggio.

DE

Rückhaltesystem mit dem erhöhten Aufhaltevermögen H2 Typus BN4 für Brücken und Viadukte, mit W-Holm, Pfosten im Abstand von 2,5 Metern und einem System von Anpralldämpfung mit erhöhtem Aufhaltevermögen. Das System verhält sich nach den Kriterien der Normen EN 1317 -1/2, wobei die EU-Klassifizierung mit einem Aufhaltevermögen von H2 durch das Versuchslabor INRETS in Aussicht steht. Befestigung am Boden durch Ankerbolzen.

GUARDA CORPOS, SOLUÇÕES À MEDIDA GARDE-CORPS, SOLUTIONS SUR MESURE PEDESTRIAN PARAPET, TAILORED SOLUTIONS

PT

Guardas metálicas, para protecção de peões, instalados em obras de arte integradas em passagens superiores e inferiores, ou em viadutos e precipícios.

Configuração modular de 6m de comprimento com prumos espaçados 1,5 metros para obras de arte e com prumos espaçados de 2 metros para viadutos e precipícios.

FR

Gardes métalliques pour la protection de piétons installés dans des ouvrages d'art intégrés dans des passages supérieurs et inférieurs, ou dans des viaducs et précipices.

Configuration modulaire de 6m de long avec des poteaux écartés de 1,5m pour des ouvrages d'art et avec des poteaux écartés de 2m pour des viaducs et précipices.

EN

Steel barriers for pedestrian protection installed in engineering structures integrated in superior and inferior passages, or in viaducts and cliffs.

Modular configuration of 6m length with posts 1,5m spaced out for engineering structures and posts 2m spaced out for viaducts and cliffs.



PANTALLAS, SOLUCIONES AL MEDIDA BARRIERA CORPI, SOLUZIONI SU MISURA GELÄNDER – MASSGESCHNEIDERTE LÖSUNGEN

ES

Barreras metálicas para la protección peatonal, instaladas en las obras de fábrica integradas en los pasajes superiores e inferiores, o en viaductos y precipicios.

Configuración modular de 6m de largo con postes apartados de 1,5m para las obras de fábrica y con postes apartados de 2m para los viaductos y los precipicios.

IT

Barriere metalliche, per protezione di pedoni, installate in opere d'arte integrate in passaggi superiori e inferiori, o in viadotti e precipizi.

Configurazione modulare di 6 m di lunghezza con paletti spazati 1,5 metri per opere d'arte e con paletti spazati di 2 metri per viadotti e precipizi.

DE

Stahlgeländer zum Schutz von Fußgängern ist bei Bauwerken angebracht, die sich an Über- und Unterführungen befinden, oder auf Viadukten und vor Abhängen.

Modulare Ausführung von 6 m Länge mit Pfosten im Abstand von 1,5 Metern für Bauwerke und Pfosten im Abstand von 2 Metern für Viadukte und Abhänge.

ACESSÓRIOS ACCESSOIRES ACCESSORIES

PT

À instalação e manutenção de guardas de segurança em fila corrente ou em pontes, viadutos e precipícios, associa-se a instalação de componentes e acessórios necessários para garantir a segurança rodoviária a veículos e peões. Extremidades; Passagem de emergência; Alongadores; Amortecedores; Prumos.

FR

A l'installation et au maintien des glissières en ligne ou dans des ponts, des viaducs et précipices, est associée l'installation des composants et accessoires nécessaires pour garantir la sécurité routière des véhicules et des piétons. Extrémités; Passage d'urgence (système d'ouverture de barrière); Allongeur; Amortisseur; Poteaux.

EN

To the installation of safety barriers in full way or bridges, viaducts and cliffs is associated the installation of necessary components and accessories for the road security for vehicles and pedestrians. Extremity/ terminal ends; Opening guardrail system/ easy dismantling of the guardrail; Extender; Absorber; Posts.



ACESORIOS ACCESSORI ZUBEHÖR

ES

Al instalación de barreras de seguridad en fila o en puentes, viaductos y precipicios asociase la instalación de componentes y accesorios necesarios para garantizar la seguridad vial para los vehículos y peatones. Extremidades; Pasajes de emergencia; Alongadores; Amortiguadores; Postes

IT

L'installazione e manutenzione delle barriere di sicurezza in fila corrente o in ponti, viadotti e precipizi, si associa all'installazione di componenti e accessori necessari per garantire la sicurezza stradale a veicoli e pedoni. Estremità; Passaggio di emergenza; Allungatori; Ammortizzatori; Paletti.

DE

Um Schutzplanken in fließender Abfolge oder punktuell auf Brücken, Viadukten und an Abhängen einzurichten und instand zu halten, kommen Komponenten und Zubehör zum Einsatz, die die Verkehrssicherheit für Fahrzeuge und Fußgänger gewährleisten. Endstücke; Notausfahrt; Verlängerungen; Anpralldämpfer; Pfosten.



metalocar
Indústria de Metalomecânica, S.A.

Segurança Rodoviária



O Guardrail

A guarda metálica de segurança é uma das mais importantes contribuições para a Segurança Rodoviária. O seu objectivo é evitar que os veículos saiam fora da pista. Por outro lado, é um excelente elemento de sinalização, pois indica claramente o traçado da via.

O guardrail consiste numa banda metálica horizontal e uma série de suportes constituídos por postes metálicos (prumos) e amortecedores. A banda é constituída por vigas metálicas de dupla onda com comprimento de 4300 mm e 310 mm de altura.

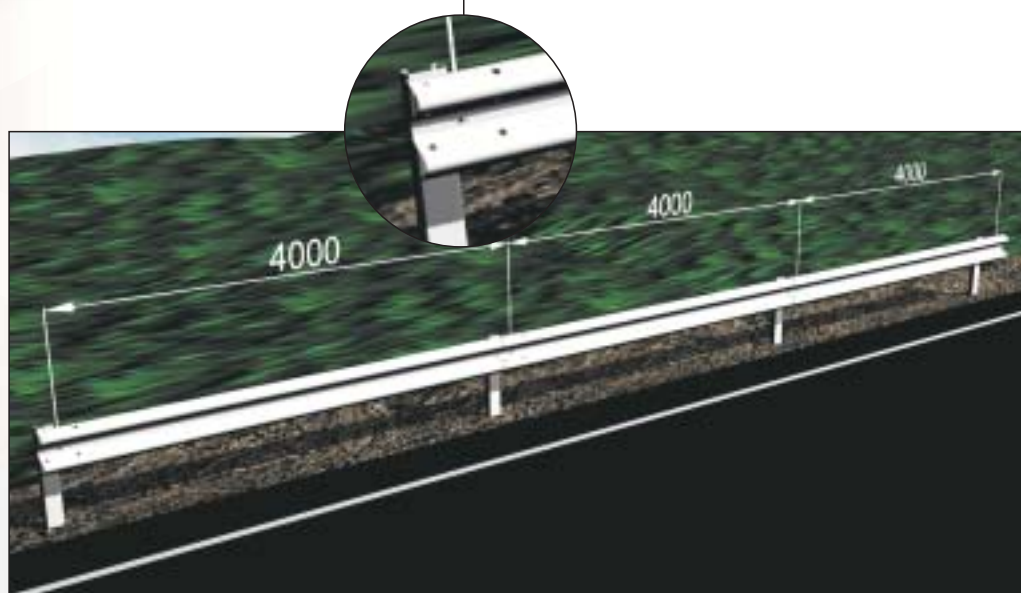
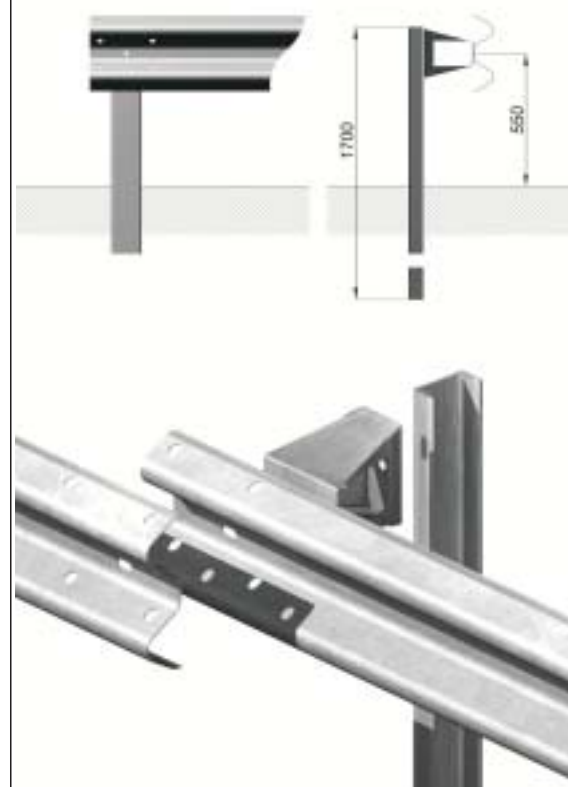
A viga (perfil W) é fixada ao amortecedor, que por sua vez se encontra fixado ao prumo, mantendo uma distância vertical do seu eixo à via de 550 mm.

As uniões terão que ser coincidentes com o posicionamento dos prumos, e são asseguradas através da sobreposição das vigas em 300 mm.

O prumo consiste num perfil metálico (C125 ou UPN120) com funções de suporte do sistema e absorção de energia em caso de impacto.

Parafusos de cabeça oval M16 (eclises), menos agressivos, são utilizados para assegurar a união entre duas vigas.

O amortecedor é o elemento utilizado para absorver grande parte da energia do impacto, funcionando também como fusível para o caso de deformações elevadas, promovendo o rompimento da ligação deste ao prumo.

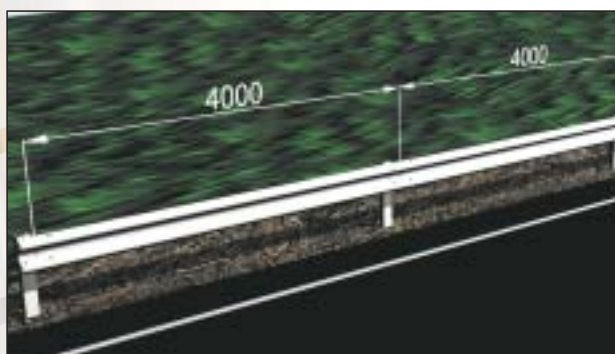


Guardas Simples

Em casos de vias de comunicação sujeitas a tráfego normal ou de maior intensidade, com traçados sinuosos, precipícios, troços escorregadios ou separação de faixas, a segurança dos condutores não deverá estar sujeita a considerações de ordem económica.

Somente uma guarda de segurança, com uma capacidade de distensão calculada, capaz de absorver grande parte da energia de uma colisão, pode garantir uma verdadeira segurança ao condutor.

TIPOS DE MONTAGEM



Guardas Simples com prumos afastados de 4 metros.

Solução standard aplicável a requisitos de segurança normais.



Guardas Simples com prumos afastados de 2 metros.

Aconselhável para taludes mais acentuados, curvas, protecção a pilares de passagens superiores e a postes de sinalização vertical.

Neste caso, é utilizada uma barreira com furo ao meio.



Guardas Duplas

As guardas metálicas duplas são um dispositivo de segurança indicado para situações de risco acrescido como taludes elevados, ou precipícios, e por isso, são frequentemente visíveis em estradas de montanha. O seu reforço de segurança, é garantido pela existência de uma segunda viga (perfil W), de forma a poder oferecer uma capacidade de retenção do veículo em pista, bastante superior.



TIPOS DE MONTAGEM



Guardas duplas normais com prumos afastados de 4 metros



Guardas duplas normais com prumos afastados de 2 metros



Guardas duplas intercaladas com prumos afastados de 2 metros



PERFIL W

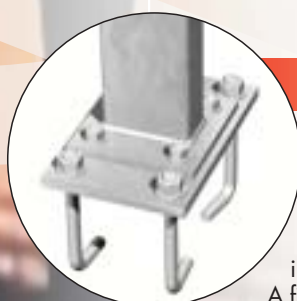
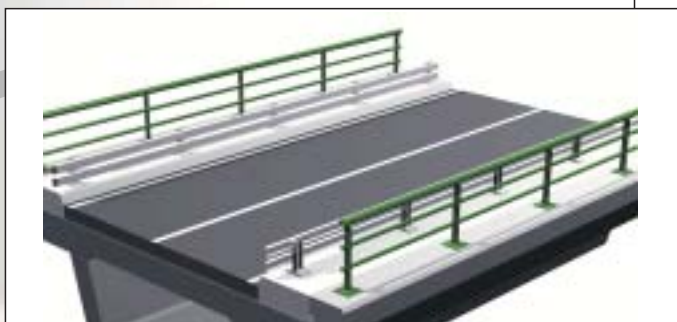
As guardas de segurança em obras d'arte, diferenciam-se pelo tipo de fixação ao pavimento. O seu funcionamento é, em tudo semelhante às guardas de estrada normal.

Para este tipo de aplicação, dispomos de uma vasta gama de medidas de prumos, de forma a garantir as distâncias regulamentares, do eixo da barreira à via.



PERFIL U

Este tipo de guardas é bastante utilizado em obras d'arte, quer pela sua elevada eficácia, quer pela sua componente estética.



FIXAÇÃO

A fixação é assegurada por um conjunto de chapas de base e contra-base. As chapas de base são soldadas ao prumo e têm sempre uma espessura inferior às chapas de contra-base, unindo-se as duas por intermédio de ligações aparafusadas. A fixação da chapa de contra-base ao pavimento, é assegurada por intermédio de chumbadouros



Extremidades

As extremidades de lanços de guardas metálicas são um aspecto crucial na garantia da segurança do condutor. De facto, em caso de embate em extremidades, as variáveis a considerar são bastante distintas do embate em fila corrente. Por esse motivo, as normas internacionais prevêem dispositivos específicos para estas situações.



TIPOS DE EXTREMIDADES

Extremidade de juzante



Terminal em espátula p/ amarração ao New Jersey



Terminal tipo Cauda de Carpa

Extremidade de montante

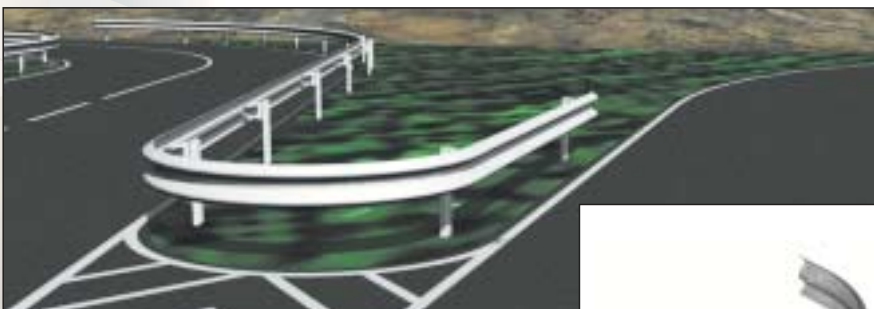


Mergulho ao solo



Mergulho a cota constante

Terminais de fecho de dois alinhamentos



Terminal em barreira calandrada



Terminal duplo tipo dupla cauda de carpa

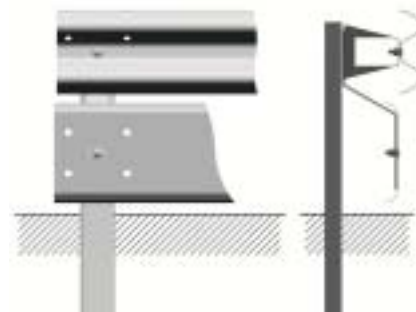


Guardas para Motociclos

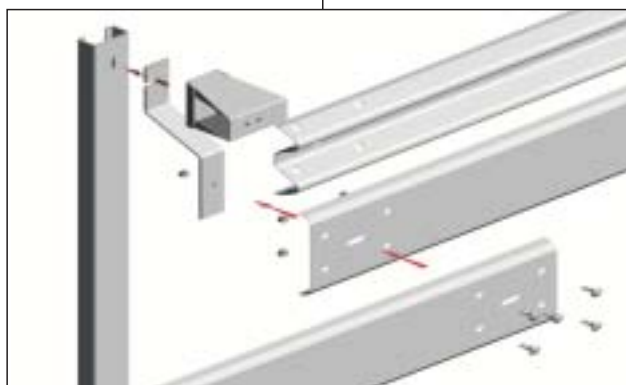
Recentes preocupações de segurança, têm sido debatidas em torno de um denominador comum: os motociclos. De facto, o guardrail em perfil "W", não foi projectado com essa sensibilidade, pois na altura da sua criação, talvez não se previsse um volume de tráfego de motociclos tão grande.

Foi a pensar nestes utentes que a Metalocar desenvolveu o Motoguard. Este dispositivo consiste num écran colocado por baixo do guardrail, ligado ao prumo através de um amortecedor especial. A sua função é evitar o embate nos prumos de fixação.

motoguard



PORMENOR DE MONTAGEM



APLICAÇÕES





Guardas BHO

As guardas BHO são utilizadas em situações em que um eventual embate poderá pôr em risco uma estrutura existente como pilares de passagens superiores ou pórticos.

A sua estrutura reforçada torna-a indicada para outras situações de risco acrescido.

Basicamente, o BHO é um tipo de guarda dupla composta por um perfil W na fila inferior e dois perfis UPN na fila superior.

O perfil W é reforçado posteriormente, e acoplado ao prumo através de um espaçador em tubo quadrado. Os dois perfis UPN trabalham em conjunto, formando uma viga composta de alta resistência.



Equipamentos Especiais

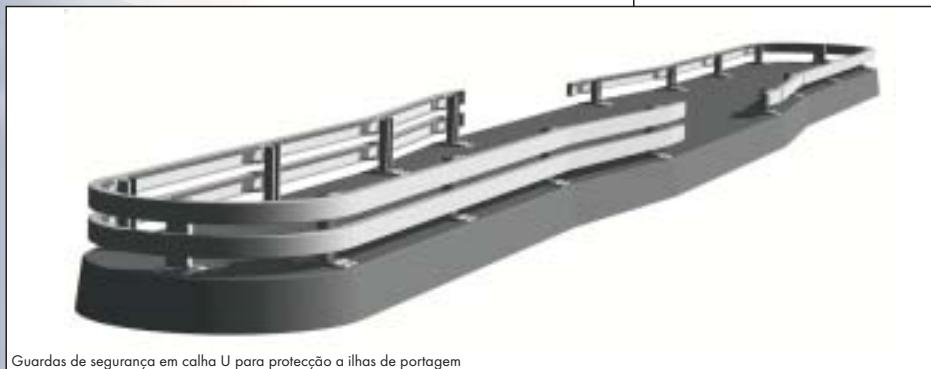
Passagem de emergência

Este dispositivo de desmontagem rápida, é uma solução para situações de emergência, sempre que haja necessidade de abrir uma passagem entre duas faixas de auto-estrada, tais como:

- Passagem de ambulâncias ou outros veículos de emergência.
- Desvios de trânsito por obras ou acidente na via.



Ilha de portagem



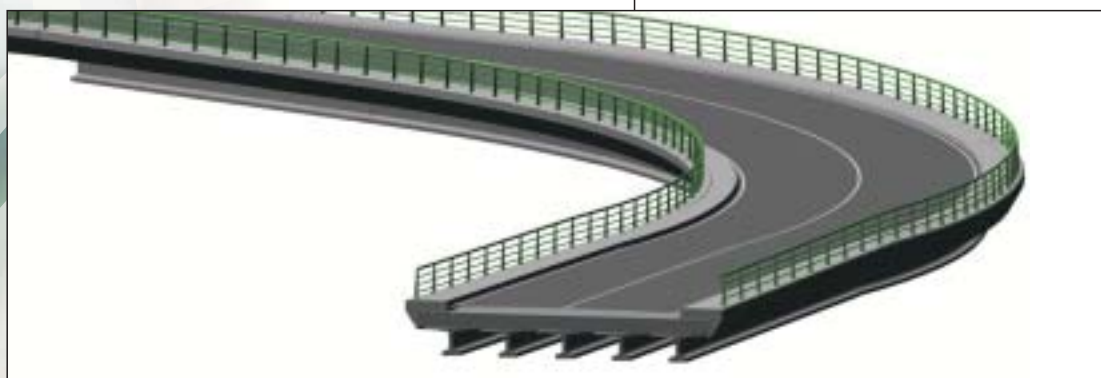
Guardas de segurança em calha U para protecção a ilhas de portagem



Guarda Corpos

A função do guarda-corpos é garantir a segurança dos peões em pontes, viadutos, ou precipícios. As suas formas simples e esteticamente agradáveis, tornando indicado para usos diversos sem nunca chocar com a paisagem.

Os guarda-corpos são basicamente construídos em tubo e perfil de aço, e podem ser fornecidos em versões mais aligeiradas ou mais pesadas, dependendo dos requisitos de segurança.



TIPOS DE GUARDA CORPOS



TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

O tratamento de superfície a aplicar aos guarda corpos irá depender das especificações técnicas dos cadernos de encargos.

A Metalocar pode oferecer o DUPLEX SYSTEM, que consiste em Galvanização, Primário e Pintura.



Esquema de tratamento anticorrosivo:

Galvanização por imersão a quente de acordo com a norma EN ISO 1461.

Esquema de pintura: Poliuretano.

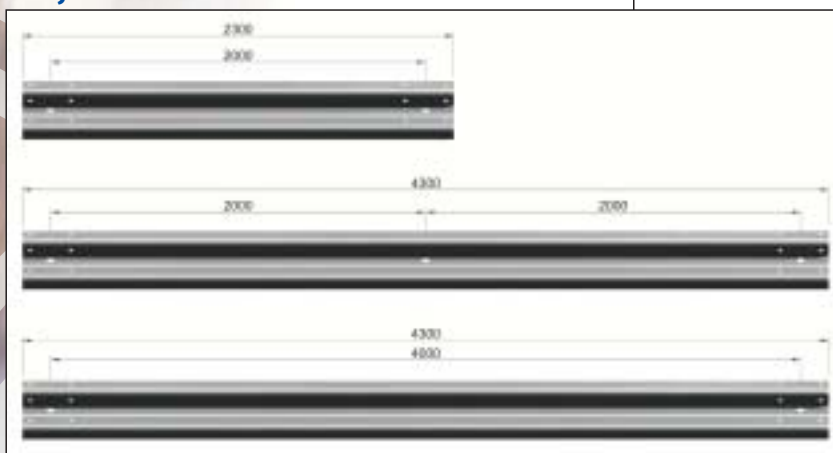
Uma demão c/ 40 μm - Hempadur 15550 - 1217 - Primário para Galvanizados.

Uma demão c/ 60 μm - Hempthane Topcoat 55210 - Acabamento.

Nota: Este esquema de pintura é por razões técnicas totalmente executado em fábrica.

BARREIRAS

Perfil W normal



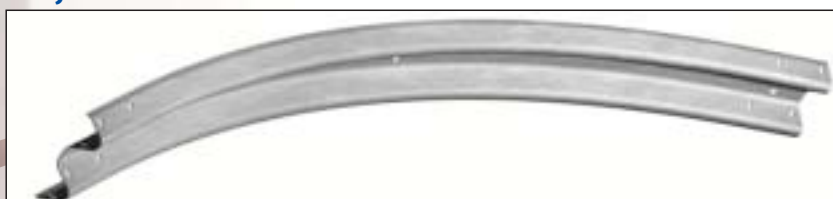
Designação

Perfil W c/ 4300/4000 mm úteis

Perfil W c/ 4300/4000 mm úteis c/ furo ao meio

Perfil W c/ 2300/2000 mm úteis

Perfil W calandrado

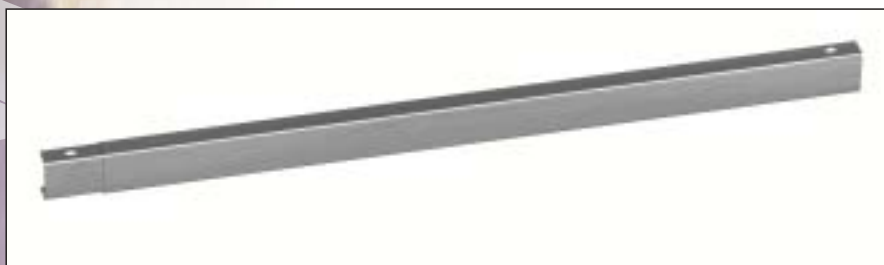


Designação

Perfil W c/ 4300/4000 mm úteis

Perfil W c/ 4300/4000 mm úteis c/ furo ao meio

Calha U



Designação

Calha U 120x90x3 mm c/ 4075/4000 mm úteis

Calha U 120x60x3 mm c/ 4075/4000 mm úteis

Calha U 120x90x3 mm c/ 4075/4000 mm úteis furo ao meio

Calha U 120x60x3 mm c/ 4075/4000 mm úteis furo ao meio



PRUMOS

Prumo UPN

Designação

UPN 120 c/ 2000 mm

UPN 120 c/ 1700 mm

UPN 120 c/ 1500 mm

UPN 120 c/ 1200 mm



Prumo C125

Designação

C 125 c/ 2000 mm

C 125 c/ 1700 mm

C 125 c/ 1500 mm

C 125 c/ 1200 mm



PRUMOS de OBRA de ARTE

Prumo C125 - Obra De Arte

Designação

C 125 c/ +500 mm c/ base 180x180x10 mm

C 125 c/ +500 mm c/ base 180x180x12 mm

Prumo UPN 120 - Obra De Arte

Designação

UPN 120 c/ +500 mm c/ base 180x155x8 mm

UPN 120 c/ +500 mm c/ base 180x180x10 mm

UPN 120 c/ +500 mm c/ base 180x180x12 mm

Fixação

Designação

Chapa de contra base inc./ Paraf. M16+P+A 280x155x10 mm

Chapa de contra base inc./ Paraf. M16+P+A 300x200x12 mm

Chapa de contra base inc./ Paraf. M16+P+A 300x200x16 mm

Chapa de contra base inc./ Paraf. M16+P+A 300x200x20 mm





AMORTECEDORES



Amortecedor tipo II



Amortecedor de passagem de emergência



Amortecedor Calha U

TERMINAIS



Terminal tipo Cauda de Carpa



Terminal duplo tipo dupla cauda de carpa



Terminal em espátula de amarração ao New Jersey



Terminal em barreira calandrada



Terminal em calha U



ANEXO E – EXEMPLO DE DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO DE DISPOSITIVO

Declaração de Desempenho N° 1328-CPR-0170
 Conforme Regulamento Europeu (RE) n.º 574/2014
Declaration of Performance (DoP) | According to European Regulation (ER) No. 574/2014

1. Código de identificação único do produto-tipo: <i>Unique identification code of the product-type</i>	Guarda de Segurança tipo W: SGM-SFW e SGM-SFWM <i>Safety Barriers type W: GSM-SFW and GSM - SFWM</i>		
2. Utilização prevista: <i>Intended use</i>	Barreiras de segurança para áreas de circulação <i>Safety barriers for circulation areas</i>		
3. Fabricante: <i>Manufacturer</i>	Irmãos Silvas, S.A. [Metalogalva] Maganha * Santiago de Bougado 4785-520 TROFA * PORTUGAL		
4. Mandatário: <i>Representative</i>	NA		
5. Sistema de Avaliação e Verificação da Regularidade do Desempenho: <i>System of AVCP</i>	Sistema 1 / System 1		
6.1 Norma harmonizada: <i>Harmonised standard</i>	EN 1317-5:2007+A2:2012		
6.2 Organismo notificado: <i>Notified body</i>	CERTIF Porto * Portugal	ON N°: <i>NBD No</i>	1328
7. Desempenho declarado Declared performance:			
Características essenciais Essential Characteristics	Desempenho Performance		
Referência comercial Type References	GSM-SFW		GSM-SFWM
Nível de contenção Containment level	N2		
Método do ensaio Test method	TB 11	TB 32	TB 32
Nível de gravidade de colisão Impact severity level	A	A	A
Classe de largura útil normalizada Class of normalized working width	W4	W6	W5
Deflexão dinâmica normalizada (m) Normalized dynamic deflection (m)	1,0	1,8	1,4
Resistência à remoção da neve Resistance to snow removal	DND NPD		
Durabilidade Durability	S235 JR Galvanizado / Galvanized (EN ISO 1461)		
Substâncias perigosas Dangerous substance	DND NPD		
<p>8. O desempenho do produto identificado no ponto 1 está conforme com o desempenho declarado no ponto 7. A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 3.</p> <p><i>The performance of the product identified in point 1 is consistent with the declared performance in point 7. This declaration of performance is issued, in accordance with Regulation (EU) No. 305/2011, under the sole responsibility of the manufacturer identified in point 3.</i></p>			

Trofa, 17 de Junho de 2014 / Trofa, June 17, 2014
 Direção da Qualidade / Quality Direction


 (Dionísio Moreira)